

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Pogon autobusa plinom

Perica Vuković

Zagreb, 2009.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Pogon autobusa plinom

Voditelj rada:

Prof. dr. sc. Zoran Lulić

Perica Vuković

Zagreb, 2009.

Sadržaj:

Popis slika:	2
Popis tablica:	3
1. Uvod.....	5
2. Plin u svijetu.....	7
2.1. Iskustva u svijetu.....	8
2.2. Plinska goriva u vozilima u Republici Hrvatskoj.....	10
2.3. Položaj hrvatske u svijetu.....	10
3. Plinovita goriva	11
3.1. Ukapljeni naftni plin.....	12
3.1.1. Primjena	16
3.2. Prirodni plin.....	17
3.2.1. Stlačeni prirodni plin (SPP).....	19
3.2.2. Opskrbna mjesta SPP-a	21
3.2.3. Tekući prirodni plin (TPP)	23
3.3. Sintetički plin	24
3.4. Miješani plin.....	25
3.5. Gradski plin	25
3.6. Zašto ugraditi plin u vozilo	25
3.6.1. Tehnički čimbenici.....	26
3.6.2. Usporedna UNP-a i SPP-a.....	26
3.7. Mogućnost uvođenja prirodnog plina u sektor javnog prometa grada zagreba	27
4. ECE pravilnik i EU direktiva za vozila pogonjena plinom.....	29
4.1. Postupak odobravanja uvoza vozila temeljem ECE R 67.00 pravilnika.....	30
4.2. Uputa za odobravanje spremnika koji se koristi pri pogonu vozila plinom (UNP i SPP)	31
4.3. Europska ekološka direktiva i njena primjena u Hrvatskoj.....	35
4.4. Članci koji su bili spomenuti u tekstu	35
5. Uređaji i oprema za pogon vozila plinom	37
5.1. Sheme	40
5.2. Motori na prirodni plin (SPP).....	44
6. Primjeri autobusa s pogonom na plin.....	46
6.1. IVECO CITELIS 18 -CNG	46
6.2. IVECO CITELIS 12 -CNG	47
6.3. MAN NG 313 (A23)	48
7. Testiranje autobusa MAN i MERCEDES na linijama ZET-a.....	49
7.1. Prometno tehnička svojstva autobusa koja su uočili vozači koji su ih vozili	49
7.2. Mišljenje putnika zeta	51
7.3. Tehnički izvještaj	51
7.4. Uvjeti koje autobusi moraju zadovoljiti	52
ZAKLJUČAK	53
LITERATURA:.....	54

Popis slika:

Slika 2.1. Prikaz trenda uvođenja vozila pogonjenih auto-plinom u Francuskoj.....	7
Slika 2.2. Prikaz trenda uvođenja vozila pogonjenih auto-plinom u Italiji.....	8
Slika 3.1. Podjela plinovitih goriva.....	11
Slika 3.2. Primjer dijagrama stanja	12
Slika 3.3. Karakteristike ispušnih plinova vozila na UNP	16
Slika 3.4. Približni sastav prirodnog/ zemnog plina u Republici Hrvatskoj [2].....	18
Slika 3.5. Rezultati ispitivanja emisija različitih pogona za autobuse	21
Slika 3.6. Shema punionice SPP-a za potrebe javnoga prometa.....	22
Slika 3.7. Spremnik za TPP.....	24
Slika 3.8. Skica stanice za punjenje Tekućim prirodnim plinom u gradu Bloomfield, SAD ..	24
Slika 3.9. Približni sastav gradskog plina (molni udio)	25
Slika 3.10. Prosječna prodajna cijena prirodnog plina u Hrvatskoj od 2000. do 2009. godine (u kn/m ³ , s PDV-om)	27
Slika 3.11. Prosječna prodajna cijena UNP-a u Hrvatskoj od 2006. do 2009. godine (u kn/l, s PDV-om)	27
Slika 4.1. Blok shema upute za uvoz motornog vozila koji ima pogon na plin.....	33
Slika 4.2. Postupak odobravanja spremnika pri ugradnji u vozilo.....	34
Slika 5.1. FABER cilindar.....	38
Slika 5.2. FABER cilindar.....	38
Slika 5.3. DYNETEC cilindar.....	38
Slika 5.4. Montirani spremnici SPP-a na krovu gradskog autobusa	39
Slika 5.5. Shematski prikaz instalacije sustava dobave plina (primjer 8x140 litarskog Faber cilindra i VBE ventila) [16]	40
Slika 5.6. Shematski prikaz cilindra na novim sistemima (162 litreni Faber ili 155 litreni Dynetec cilindri i MARK ventili)	41
Slika 5.7. Blok dijagram METAFUEL 3 sistema (MF3	42
Slika 5.8. Prikaz glavnih sklopova vozila CITELIS CNG [16]	43
Slika 5.9. Parametri koji utječu na rad motora na prirodni plin [17]	44
Slika 5.10. Emisija ispušnih plinova CNG motora proizvođača MAN usporedno s Euro normama o emisiji ispušnih plinova.....	45
Slika 6.1. Izgled autobusa CITELIS 18 i dijagram snage i momenta [16]	46
Slika 6.2. Izgled autobusa CITELIS 12 [16].....	47
Slika 6.3. Autobus MAN NG 313	48

Popis tablica:

Tablica 2.1. Statistika auto-plina u Hrvatskoj	10
Tablica 2.2. Postojeće stanje infrastrukture auto-plina u Hrvatskoj	10
Tablica 3.1. Karakteristike plinovitih goriva	12
Tablica 3.2. Osnovna svojstva UNP-a [7]	13
Tablica 3.3. Osnovna svojstva SPP-a (pri standardnim uvjetima) [10]	19
Tablica 4.1. Ciljevi EU glede implementacije udjela alternativnih goriva u prometnom sektoru [15]	35
Tablica 7.1. Osnovne prometno tehničke značajke autobusa.....	49
Tablica 7.2. Postotak broja autobusa za određenu kilometražu	50

Popis zakona i pravilnika:

1. Pravilnik o uvjetima kojima moraju udovoljavati uređaji i oprema za pogon motornih vozila plinom (NN br. 4/00, Zagreb, 14. siječnja 2000., 57/01 od 27. lipnja 2001. I 91/01 od 23. Listopada 2001.)

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno služeći se stečenim znanjem i navedenom literaturom.

Zahvala:

Zahvaljujem mentoru, prof. dr. sc. Zoranu Luliću na podršci i korisnim savjetima.

Zahvalio bih i Iliji Pavloviću i Ivanu Boniću iz ZET-a za dobivenu literaturu.

Od srca se zahvaljujem svojoj supruzi na pomoći tijekom prevođenja literature s engleskog i njemačkog jezika.

1. Uvod

Eksperimentiranja s plinom kao gorivom počinju početkom 19. stoljeća. Philippe Lebon (1801.), William Cecyl (1817.), Samuel Brown (1823.), Lemuel Wellman (1833.) i Etienne Lenoir (1860.) tih godina ostvaruju postignuća u razvoju motora s pogonom na plin. Tim studijama riješeni su tehnički i radni problemi, a na temelju njih Christian Reithman izradio planove za izradu dvocilindričnog motora (1876.). 1882. proizveden je u Daimler & Mayback motor na benzin. Nakon toga motore na plin zamijenili su Ottovi motori, a od 1886. koriste se u autoindustriji.

Jedan od razloga zašto se u povijesti kao gorivo za automobile počeo koristiti benzin, a ne autoplina, je problem transporta autoplina. U to vrijeme proces tlačenja autoplina, kao bi se olakšao transport, nije bio poznat. Između 1920. i 1940., u vrijeme velike ekonomske krize i sloma Wall Streeta, bilježi se veliki porast korištenja motora na plin zbog niske cijene plina, a napušta se nakon ekonomske stabilnosti.

Autoplina je u pravilu upola jeftiniji od benzina, ali to nije jedina njegova prednost. Propan-butan plin izgara potpuno pa tako ne dolazi do gubitka goriva u ispušnim plinovima, a niti do emisije štetnih čestica čađe, pepela ili slično. Također ispušni plinovi ne sadrže otrovne sastojke poput olova ili sumpora, a emisije toksičnog ugljičnog monoksida su znatno smanjene (2 do 5 puta). Emisija dušičnih oksida, smanjena je za 30-65 %, a ugljičnog dioksida 12 %. Jedino što više izlazi iz ispušne cijevi motora pogonjenih propan-butan plinom je vodena para.

Iz ekoloških i ekonomskih razloga došlo je do sve veće upotrebe autoplina kao pogonskog goriva za automobile u Europi, posebno u gradovima i naseljenim mjestima u kojima razina onečišćenja dostiže alarmantni nivo. Stoga mnoge države potiču ugradnju plinskih uređaja u osobne automobile, a gdje god je to moguće sredstva javnog gradskog prijevoza prilagođavaju se za pogon propan-butan plinom (primjer za to je Beč). Kada bi većina automobila vozila na propan-butan plin, zrak bi u urbanim sredinama bio višestruko čistiji, nestali bi problemi s kritičnim razinama štetnih plinova, podigla bi se kvaliteta života u urbanim sredinama, a znatno bi se smanjio i efekt staklenika od emisija plinova koje ispuštaju automobili. U razvijenim sredinama ekologija je osnovni razlog ugradnje plinskog uređaja u automobile, no ne treba zaboraviti ni ekonomske koristi, koje će zasigurno biti od velikog značaja za većinu hrvatskih vozača. Naime, cijena litre propan-butan plina u svim se državama Europe, ali i kroz povijest, kretala u rasponu 40-65 % cijene litre benzina.

Kako se cijena benzina mijenja tako se mijenja i taj odnos, ali ne prelazi te granice. Uz trenutnu cijenu litre Eurosupera 95 i cijenu autoplina, lako je izračunati kako je autoplina kao pogonsko gorivo od benzina jeftiniji za više od 50 %! Ipak, treba računati na činjenicu da automobil u vožnji troši više plina od benzina i to oko 10 %. Tako se kroz određeni broj kilometara (koji ovisi o cijeni plinskog uređaja i potrošnji goriva) vrate uložena sredstva ugradnje plinskog uređaja, i poslije toga se vozi upola jeftinije, a čitavo vrijeme znatno pridonosi čistoći zraka. Također, vožnjom na autoplina produžuje se vijek trajanja vitalnih dijelova motora. U plinu nema prljavština koje onečišćuju i kvalitativno troše motorno ulje, koje zbog toga ne gubi svoja svojstva (vidljivo je to po boji ulja koje ne tamni) i može se produžiti interval izmjene, što također donosi uštedu. Iz istog razloga, znatno se produžava vijek trajanja katalizatora i lambda sonde, čija je izmjena vrlo skupa.

U Hrvatskoj ima oko 165 punionica za plin. Zanimljivi je da za vrijeme domovinskog rata, prilikom granatiranja Karlovca, geler je izravno pogodio pun rezervoar plina parkiranog vozila, koji nije eksplodirao niti se zapalio. U Hrvatskim rafinerijama se godišnje iz sirove nafte izdvoji otprilike 380 000 tona UNP-a (ukapljeni naftni plin) [1]. Od te količine 1/3

zadovoljava ukupne potrebe Hrvatskog tržišta za UNP-om. Ostatak UNP-a se prodaje u inozemstvo, a jedan dio spaljuje zbog nemogućnosti skladištenja.

U Republici Hrvatskoj značajnim poticajem može se smatrati oslobađanje od „Eko-testa” vozila na pogon plinom. Također, kao poticaj razvoju sustava punionica ne treba zaboraviti da se Hrvatska, kao turistička zemlja, nalazi u susjedstvu Italije, najvećeg europskog tržišta UNP-a za pogon motornih vozila s preko dva milijun vozila na UNP. Konačno, uz odsustvo ikakvih poticajnih mjera, porast cijene motornog benzina te njene oscilacije, uz znatno nižu cijenu UNP-a kao motornog goriva, ipak predstavlja kakav takav dodatni poticaj.

2. Plin u svijetu

Procjenjuje se da trenutno u svijetu ima preko 9 milijuna vozila sa pogonom na autoplin i taj trend raste po stopi od 12-15 % godišnje. [2]

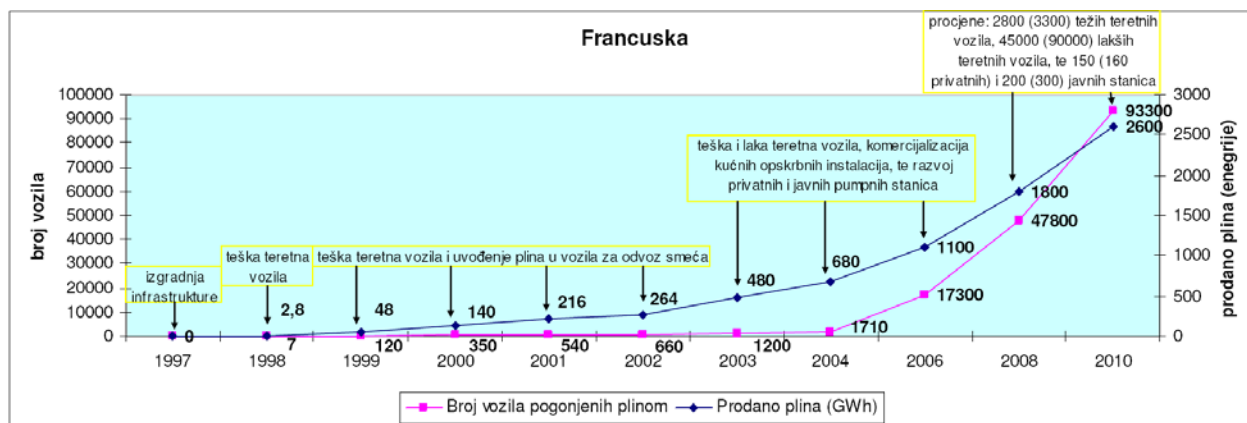
Zahvaljujući svojim ekološkim, ekonomskim i sigurnosnim prednostima Ukapljeni naftni plin danas predstavlja jedno o vodećih alternativnih goriva današnjice.

U Velikoj Britaniji koja ima najveću koncentraciju vozila na svojim cestama, broj automobila na plin je vrlo mali oko 50,000, pa zbog toga vlada uvodi poticajne mjere kako bi se do broj povećao na 250,000.

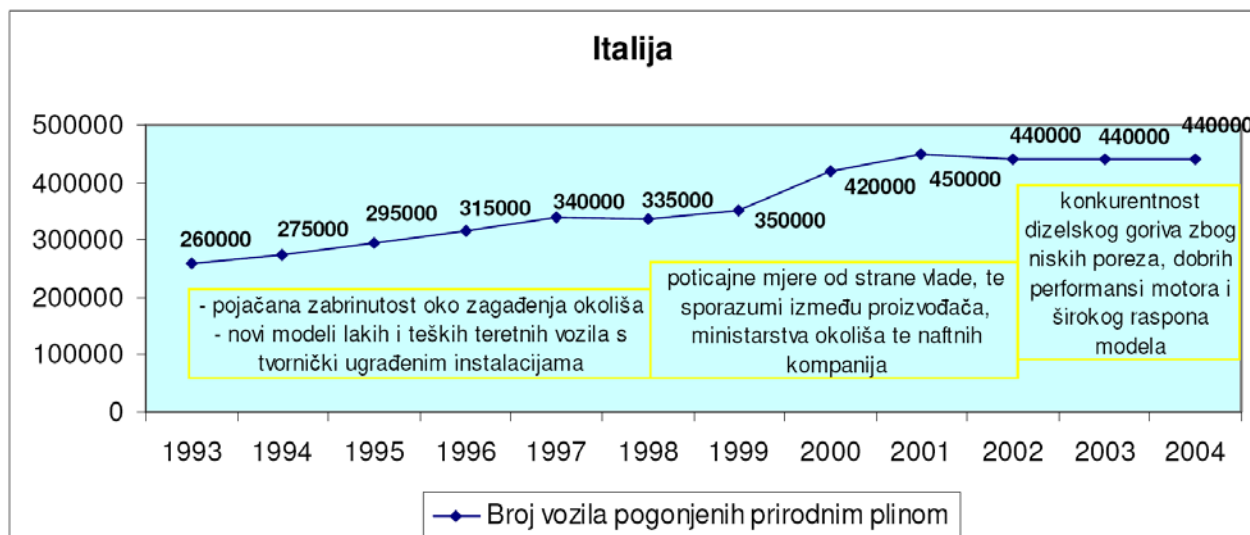
U Japanu, koji ima veliku gustoću naseljenosti, sva taxi-vozila trebaju imati pogon na plin. Zbog toga, a i zbog poticajnih mjera Vlade, Japan u posljednje vrijeme bilježi najveći porast broja automobila sa pogonom na plin. Pored Japana i SAD, najveći porast broja automobila na autoplin bilježe Južna Koreja i Australija, a sve značajnije mjesto autoplin zauzima i u drugim razvijenijim zemljama svijeta. Najveći broj automobila na plin u Evropi ima Italija (preko 2,000.000 automobila), a slijede Njemačka, Poljska (preko 1,500.000) , Turska (preko 1,200.000) , Nizozemska (preko 1,000.000). [2]

U Europi primjer korištenja autoplina u javnom prijevozu je Beč, gdje se zbog ekonomičnosti i zbog utjecaja na prirodu već preko 30 godina koristi autoplin. Trenutno u Beču ima 550 autobusa na plin koji se koriste u gradskom prijevozu. [2]

U nekim Europskim zemljama, gdje se plin nije koristio kao alternativno gorivo, nakon brojnih ekonomskih studija i studija utjecaja na okoliš, započinje intenzivni rast broja automobila s pogonom na plin. Primjerice, u Španjolskoj su vlasti započele testirati uporabu plina u javnom prijevozu, na primjeru grada Valladolid, gdje je potpisan ugovor za preinaku 110 autobusa na plin, nakon čega se projekt treba proširiti na 15 najvećih Španjolskih gradova.



Slika 2.1. Prikaz trenda uvođenja vozila pogonjenih auto-plinom u Francuskoj



Slika 2.2. Prikaz trenda uvođenja vozila pogonjenih auto-plinom u Italiji

U velikim gradovima istočne Europe (Moskva, Kijev, Budimpešta, Prag) vlast je prepoznala pozitivan učinak autoplina u zaštiti prirode, a zbog velike koncentracije vozila u centru grada, prilagodila nove zakone autoplinu kao ekološkom gorivu.

U ostalim dijelovima svijeta, kao na primjer u Tajvanu, veliki proizvođači automobila u serijskoj proizvodnji ugrađuju motore s pogonom na plin. Oko 10.000 taxi-vozila već sada vozi na plin, zbog snižavanja troškova. U Kaliforniji, tehnički najrazvijenijoj regiji svijeta, rezolucija o zaštiti prirode preporučuje osim električnog pogona, pogon vozila na autoplin i metan. [2]

Svjetska udruga za propan plin (NPGA) prognozira da će do 2010. godine samo u Americi 17 milijuna vozila biti sa pogonom na autoplin. [2]

Sve većim zahtjevima za očuvanjem prirode i rigoroznijim normama u odnosu na koncentraciju štetnih plinova u zraku, autoplin bi trebao postati jednim od primarnih goriva u autoindustriji.

2.1. Iskustva u svijetu

U Italiji je dodatak na godišnji iznos poreza na ceste za vozila na UNP ukinut. U razdobljima visoke zagađenosti, konvencionalna vozila na benzin/diesel moraju koristiti alternativne dane u 18 naznačenih područja. Vozila na UNP ne podliježu navedenim mjerama. Donesen je zakon o dodatnim olakšicama pri nabavci novih vozila na plinovita goriva ili električnu energiju. Druga financijska olakšica koja je vrijedila krajem devedesetih godina je iznosila 340 USD za postojeća i 450 USD na nova vozila na UNP.

U Nizozemskoj postoje vrlo niski nameti na UNP za pogon vozila, ali zato postoji dodatak na godišnji iznos poreza na ceste za vozila s Diesellovim motorom. Vlada prihvaća da 10 % svih vozila treba koristiti UNP (trenutno nešto iznad 6,5 %). [3]

U cilju daljnjih stimulacija, EU je odlučila dopustiti Nizozemskoj smanjenje visine trošarina na UNP za pogon vozila u javnom prijevozu. Nizozemska vlada je već odustala od novih poreza za ceste na plinovita goriva za sektor javnog prijevoza dok je dizelsko gorivo još uvijek podložan plaćanju poreza na ceste u ovoj kategoriji.

“U Hong Kongu je postignut napredak u smanjivanju ispušnih plinova”, rekla je s ponosom ministrica okoliša, prometa i rada Sarah Liao i dodala: “Gotovo svi taksiji pogonjeni

dizelskim gorivom zamijenjeni su onima koji kao pogonsko gorivo koriste ukapljeni naftni plin (LPG), dok oko 80 % novoregistriranih gradskih autobusa također za pogon koristi autoplina. Ugradnja plinskih uređaja koji smanjuju ispušne plinove u odnosu prema vozilima na eurodizel sada je zakonom propisana obveza.”, rekla je Liao. Prema zadnjem godišnjem izvještaju Odjela za zaštitu okoliša Hong Konga koncentracija je štetnih plinova i čestica u zraku na cestama u usporedbi s 1999. godinom pala najprije za 13 %, pa za 23 % u 2003. godini. Broj vozila koja ispuštaju neugodan i štetan dim također je pao za više od 70 % u tom razdoblju. [3]

U Japanu Nissan i Toyota proizvode vozila pokretana isključivo na UNP. Čak 95 % svih taksi vozila trenutno u uporabi koristi UNP kao gorivo. Stroga ograničenja emisije NO_x za lake kamione i zabrana korištenja osobnih vozila bez NO_x certifikata u šest područja u Japanu uključujući Tokyo olakšava promociju UNP-a za pogon vozila. Krajem devedesetih uvedena je subvencija od 100.000 jena po kamionu za ukupno 800 kamiona godišnje (maksimalne nosivosti 6 tona). Od 1995. godine uvedena je subvencija od ukupno 500.000 \$ godišnje za uvođenje opreme za UNP u takozvane EKO stanice.

U SAD-u je osnovno gorivo za pogon cestovnih vozila motorni benzin uz praktično zanemarivi udio dizela. Federalna vlada je već implementirala programe kojima nalaže uporabu alternativnih goriva u cilju povećanja njihova postotka u broju proizvedenih vozila tijekom narednih godina. Neke američke države imaju dodatne programe (npr. Kalifornija i Texas). Treba u svakom slučaju naglasiti da je uporaba vozila na alternativna goriva zakonski nametnuta jer mnoga alternativna goriva ne nude nikakve financijske pogodnosti u odnosu na benzin. Nekoliko saveznih država uvelo je porezne olakšice pri nabavci vozila na alternativna goriva. PERA (engl. *Propane Education and Research Act*) potvrđen od strane Kongresa 1998. godine odobrava korištenje sredstava prikupljenih od prodaje propana za promociju njegove uporabe kao ekološki čistog goriva. Rezultat je osnivanje PERC (engl. *Propane Education Research Council*) kao odbora industrije radi provođenja istraživanja i razvoja na području tehnike i tehnologije, obuke, sigurnosti i edukacije.

U Velikoj Britaniji su krajem 1995. godine porezi na benzin i dizel povećani 9,5 % dok je porez na UNP za pogon vozila snižen zbog niže emisije polutanata. U 1998. godini trošarina na plinovita goriva je zamrznuta. Cijene benzina i dizela povećane su za 6 % iznad inflacije uz snižavanje poreza na ceste za vozila na plinski pogon. Do kraja prošle godine pregradnja odnosno nabavka novih vozila na UNP djelomično je subvencionirana kroz tzv. “*Power-shift*” program.

U Španjolskoj je UNP za pogon vozila uz vrlo nisku trošarinu dostupan jedino u sektoru javnog prijevoza (taksi vozila i autobusi). Uporaba UNP za pogon ostalih vozila nije više nigdje ograničena, ali je ograničavaju trošarine koje su za ostala vozila izvan kategorije javnog prijevoza više nego za benzin ili dizel.

U Norveškoj bi korištenje UNP-a u prometu trebalo rasti u budućnosti s taksijima kao glavnom kategorijom korisnika (potrošača), dok je istovremeno promovirano korištenje UNP-a za pogon autobusa. Glavni stimulirajući faktor je što je UNP za pogon vozila u potpunosti oslobođen poreza.

U Francuskoj je od 1996. godine na snazi nacionalna politika promoviranja uporabe plinovitih goriva. U 1996. godini je drastično snižena trošarina za vozila na UNP. U 1997. godini usvojen je Zakon o čistom zraku s nizom pogodnosti za vozila na UNP poput pune amortizacije u svega jednoj godini za vozila i opremu za servisne stanice. Postoje porezne olakšice za taksi vozila i autobuse (do određene količine goriva godišnje). Također, vozila na UNP smiju voziti sve dane u tjednu, čak i u danima gornje granice zagađenosti (engl. peak

pollution days) kada drugim vozilima u određenim zonama nije dopušten promet. Od 1998. godine postoji mogućnost povrata 100 % iznosa poreza na dodanu vrijednost plaćenog na UNP iskorištenog u svrhu transporta dok je lokalnim vlastima dana mogućnost reduciranja ili potpunog ukidanja troškova registracije vozila na UNP.

2.2. Plinska goriva u vozilima u Republici Hrvatskoj

Rezultati međunarodne studije [4] su pokazali sljedeće.

Trenutno u državi nedostaje potpora u vidu lokalne i nacionalne politike. Kompanije zadužene za javni prijevoz preferiraju dizelska goriva (odnosno biodizel kao alternativno gorivo). Međutim, postoji jaka konkurencija UNP-a, prvenstveno od strane ProPlina kao kompanije kćeri državne naftne kompanije INA-e. Cilj kompanije je potaknuti zanimanje tržišta i potražnju za plinom kako bi se smanjio izvoz. Naime, danas se 70 % UNP-a izvozi. Kao i u Europi, postoji trend porasta broja dizelskih osobnih vozila. SPP je uglavnom korišten u vozilima najvećeg distributera plina, Gradske plinare Zagreb, koja je i ujedno vlasnik jedine punionice u Hrvatskoj. Cijena takvoga plina je vrlo povoljna, ali potencijalni korisnici smatraju cijenu opreme za korištenje SPP-a previsokom.

Glavni tržišni poticaji su: blizina razvijenih tržišta poput Italije i činjenica da su SPP i UNP vozila izuzeta kod tzv. „Eko-testa“ tokom godišnjeg tehničkog pregleda, što ih zapravo čini zanimljivom alternativnom za vozila starijeg datuma proizvodnje koja više zagađuju. Internacionalni standardi su prihvaćeni i ne postoje prepreke uvozu vozila s tvornički ugrađenim plinskim instalacijama.

2.3. Položaj hrvatske u svijetu

Hrvatska je po ubrzanoj ekspanziji korištenja autoplina na četvrtom mjestu na svijetu. Naime, u 2002. taj je sve popularniji energent koristilo oko 10.000 vozila, a sada već više od 45.000. Takvo naglo povećanje objašnjeno je činjenicom da je riječ o gorivu otprilike dvostruko jeftinijem od benzina te sve većem brojem punionica i autoservisa u kojima se ugrađuju plinski uređaji. Zahvaljujući razvoju te djelatnosti u zadnje tri godine otvoreno je oko 1500 radnih mjesta te znatno smanjeno onečišćenje okoliša ispušnim plinovima iz vozila. [5]

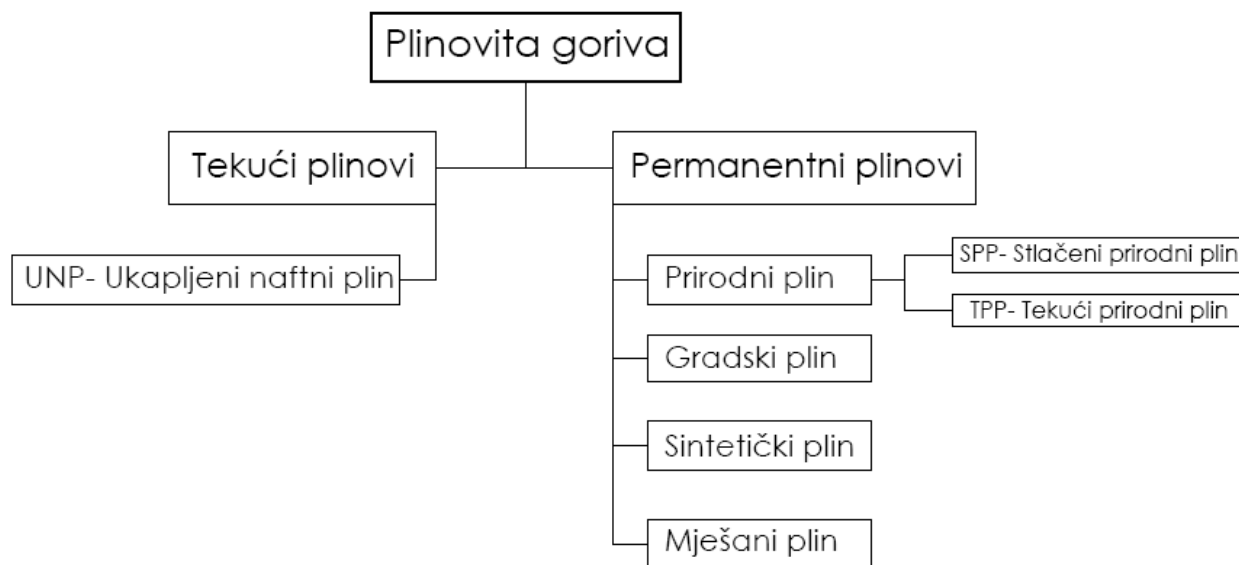
Tablica 2.1. Statistika auto-plina u Hrvatskoj

<u>HRVATSKA</u>	<u>Prodano UNP-a</u> (u tonama)	<u>Broj UNP vozila</u>	<u>Broj UNP punionica</u>
2002.	22000	30000	93
2006.	35000	45000(procjena)	120
povećanje	+59 %	+50 %	+29 %

Tablica 2.2. Postojeće stanje infrastrukture auto-plina u Hrvatskoj

<u>Auto-plin vozila</u>	<u>Auto-plin punionica</u>	<u>Auto-plin servisi</u>	<u>Broj vozila auto-plina na jednu punionicu</u>	<u>Ugradnja auto-plin vozila po jednom servisu</u>	<u>Broj stanica za tehnički pregled vozila na auto-plin</u>
45000	120	200	375	225	58

3. Plinovita goriva



Slika 3.1. Podjela plinovitih goriva

Kao vrste goriva danas se koriste:

- tekući plinovi (u tekućem su stanju samo tijekom transporta i dok su u spremniku radi manjeg volumena tekuće faze, a u trenutku kad se koriste kao gorivo za pogon vozila pomoću isparivača se vraćaju u plinovito stanje)
- permanentni plinovi (stalno su u plinovitoj fazi)

TEKUĆI PLINOVI (propan, propilen, butan, butilen, ...) odnosno LPG (engl. *Liquefied Petroleum Gas*, hrvatski UNP - ukapljeni naftni plin), koji su kemijski i fizikalno bliski lakim ugljikovodicima benzina jedino im je tlak para izrazito visok u odnosu na benzin. Kod povećane temperature raste tlak plinova zato boce s plinom moraju biti zaštićene od direktnog utjecaja sunca, topline ispušnih plinova, itd. Tlak pare je funkcija temperature, te ovisi o vrsti tvari, tvar koja brže isparava ima veći tlak para. Boca ne smije biti napunjena do vrha jer je plin u boci u tekućem stanju, a tekućine su nestlačive. Porastom temperature raste i volumen tekućine po formoli $V = V_0 \cdot (1 + \beta \cdot \Delta T)$, kako u boci osim tekuće faze postoji i plinovita, porastom volumena tekućine smanjuje se volumen plinu i tlak raste, pa može doći do pucanja boce.

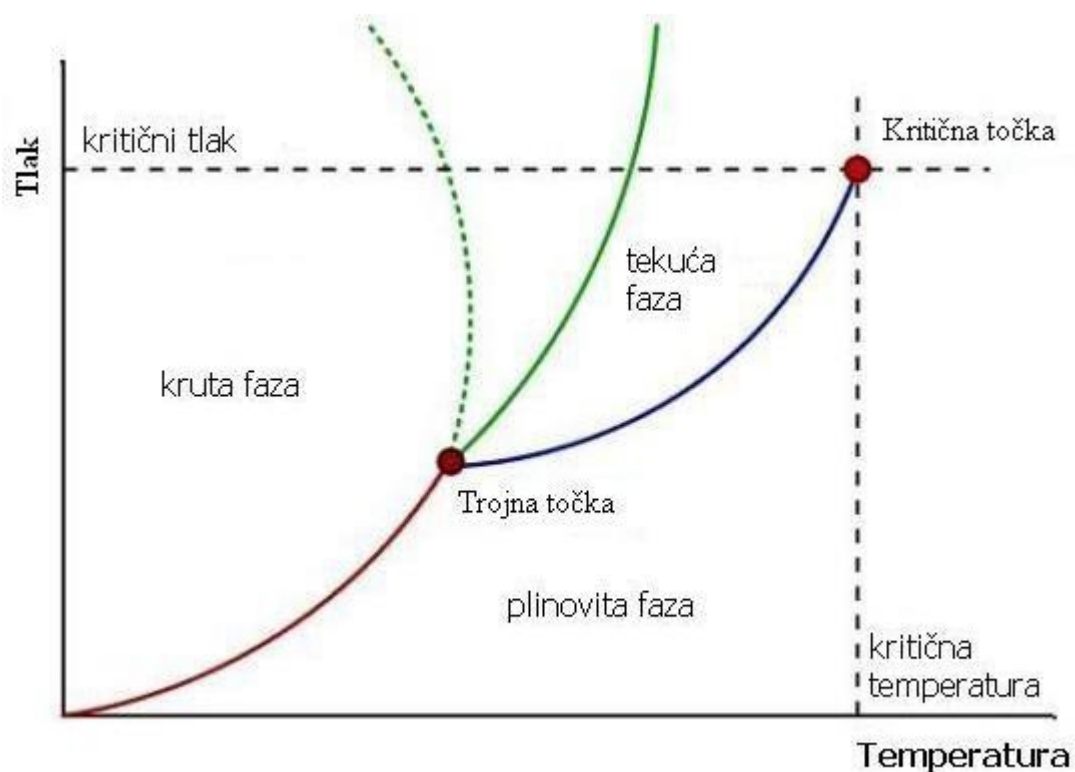
To su smjese plinovitih:

- parafinskih ugljikovodika - PROPAN, BUTAN, IZOBUTAN;
- olefinskih ugljikovodika - PROPILLEN, BUTILEN, IZOBUTILEN.

Ovi plinovi su kod atmosferskog tlaka plinoviti, ali kod okolišne temperature i srazmjerno niskih tlakova (2-8 bar) mogu se ukapljiti (zato se zovu "tekući plinovi"). U trgovini se najčešće koriste kao mješavine iz propana i butana.

Ukapljeni plinovi su, dakle, ugljikovodici kojima je kritična temperatura niža od 50 °C ili im je pri 50 °C tlak para viši od 3 bara (300 kPa). [6]

PERMANENTNI PLINOVI - gradski, motorni metan, zemni/prirodni plin



Slika 3.2. Primjer dijagrama stanja

Tablica 3.1. Karakteristike plinovitih goriva

	TEKUĆI PLINOVI			PERMANENTNI PLINOVI		
	Propan	Butan	Propan/Butan 50:50	Motorni metan	Gradski plin	Zemni/prirodni plin
Vrsta spremnika	Boce za tekući plin (probni tlak ~ 25 bar)			Visokotlačne boce (probni tlak cca 300 bar)		
Gustoća plina (15°C, 1 bar) kg/m ³	2,011	2,709	/	0,915	0,800	0,753
Gustoća tekućine (15°C, p > 7,5 bar) kg/m ³	507	585	540	/	/	/
H _d kJ/m ³	91.025	118.356	108.700	41.860	16.000	37.000
H _d kJ/kg	46.340	45.710	46.060	45.800	26.300	/
Oktanski broj (IOB)	~125	~95	>100	>100	~90	105

3.1. Ukapljeni naftni plin

Ukapljeni naftni plin (UNP engl. *Liquefied Petroleum Gas* - LPG) je smjesa zasićenih ugljikovodika propana i butana, odnosno njegovih izomera (n-butana i izo-butana) te raznih primjesa, ponajviše propena, butena, etana i etena u različitim omjerima. Njegovi se osnovni

sastojci (propan i butan) pri normalnim uvjetima nalaze u plinovitom stanju i teži je od zraka, no već pri tlaku od 1,7 bar prelaze u kapljevito stanje, pri čemu im se volumen smanjuje čak 260 do 270 puta.

Kada se govori o UNP-u, valja razlikovati dva stanja: kapljevito i plinovito te tri faze: kapljevita, parovita i plinovita. Pojam stanja pri tome je vezan uz pojavnost, agregatno stanje tvari, a faze uz ponašanje plina u (zatvorenom) spremniku pri ravnotežnim uvjetima. Za prelazak iz jedne u drugu fazu, odnosno stanje, treba dovesti ili odvesti toplinu.

Proizvodi se tijekom prerade sirovoga prirodnog plina i prerade nafte. Prevozi se u kapljevitom stanju. Nije otrovan, bez boje je i mirisa pa se zbog toga dodaje miris kako bi se otkrio u slučaju propuštanja iz spremnika. Budući da je gušći od zraka, pri propuštanju se skuplja na dnu prostorija. Zbog mogućeg istjecanja i sakupljanja u podrumskim prostorijama, motorna vozila s opremom za uporabu UNP-a ne smiju se parkirati u podzemnim garažama (Austrije, Njemačke, Italije).

Ukapljeni naftni plin, zapravo, nastaje miješanjem struja trgovačkog propana i butana u odgovarajućem omjeru, što ovisi o načinu proizvodnje i zahtjevima za kakvoćom. Trgovački propan sadržava najmanje 95 % propana s manjim udjelom propena, dok ostatak čine etan, eten, butan i buten. Trgovački je pak butan sastavljen također od najmanje 95 % butana i butena, odnosno njihovih izomera, a ostalih 5 % čine propan, propen, pentan i penten, odnosno njihovi izomeri.

UNP -plinovi (čiji su osnovni sastojci propan i butan) za ukapljivanje zahtijevaju temperaturu od -42,6 °C pri atmosferskom tlaku. Kritična točka je na +96,8 °C pri tlaku od 43,3 bara. Tekuće stanje UNP-plina postiže se tlačenjem plina na temperaturi okoline u granicama 1,7 bara za butan i 7,5 bara za propan, odnosno do tlaka ovisno o mješavini tih plinova. Ukapljivanje se postiže i hlađenjem plina ispod temperature ukapljivanja (ključanja) na atmosferskom tlaku, a u pojedinim slučajevima mogu se upotrebljavati i kombinacije tih metoda.

Temperatura samozapaljivosti za komercijalni UNP iznosi 480 °C do 520 °C (za butan 480 °C, za propan 520 °C). Temperatura rosišta plinova izgaranja iznosi 50 do 65 °C.

Ako se UNP upotrebljava za pogon motornih vozila, u spremniku se tlači na 6 do 8 bara, ali se u spremnicima za prodaju mora tlačiti na tlak od 14 bara. U uvjetima ukapljenja i temperature od 15 °C, donja ogrjevna vrijednost iznosi od 23,7 MJ/dm³ (za propan) do 24,4 MJ/dm³ (za butan).

Tablica 3.2. Osnovna svojstva UNP-a [7]

<u>Svojstvo</u>		<u>Propan</u>	<u>Butan</u>
Gustoća kapljevine pri 15°C, kg/dm ³		30,502	30,559
Tlak zasićenja, bar	Pri 15°C	7,5	1,7
	Pri 50°C	11,5-19,3	6,9
Donja ogrjevna vrijednost pri 15°C	MJ/kg (kWh/kg)	46,0 (12,79)	45,6 (12,66)
	MJ/m ³ (kWh/m ³)	85,3 (23,7)	109,6 (30,45)
Volumni udio u dimnim plinovima pri potpunom izgaranju, %	Ugljičnog dioksida (CO ₂)	13,7	14
	Dušika (N ₂)	86,3	86
Najviša temperatura plamena na zraku, °C		1915	1920
Maseni udio sumpora, %		0,005	0,005

UNP se često dodaju tvari za poboljšanje određenih svojstava: metanol i odoranti. Metanol se dodaje kao sredstvo protiv smrzavanja zimi (1 do 1,5 l metanola na m³ plina) ako plin sadržava veće količine vlage, dok se odoranti dodaju za otkrivanje nekontroliranog istjecanja.

Sam postupak pridobivanja se obavlja procesima frakcijske destilacije iz bogatog prirodnog plina (postrojenje degazolinaže) te rafinerijskom preradom sirove nafte (rafinerija). Ovisno o kvaliteti sirove nafte i kvaliteti opreme postrojenja rafinerije, ovisiti će kvaliteta UNP-a. Za vrijeme procesa prerade nafte prosječna proizvodnja je približno oko 20-40 kg od tone sirove nafte.

Transport UNP-a se obavlja:

- cjevovodima,
- željezničkim cisternama,
- auto cisternama,
- kamionima za prijevoz plinskih boca,
- brodovima.

Svojstva komercijalnog UNP-a:

- Smjesa propana i butana je bez boje, okusa i mirisa,
- Kod komercijalne primjene nužno je dodati miris (odorizator) - etil merkaptan, da se može osjetiti prisutnost u zraku,
- Teži je od zraka oko 1.9 puta (pada i koncentrira se pri tlu),
- Nije otrovan, no u velikoj koncentraciji smanjuje količinu kisika u prostoriji, tj. može uzrokovati hipoksiju,
- Zbog lakšeg transporta i učinkovitijeg skladištenja ukapljuje se pod povećanim tlakom, već od 1,7 bara i temperaturama od -10 °C te se pohranjuje u namjenske posude ili spremnike,
- Pri atmosferskom tlaku i sobnoj temperaturi UNP prelazi u plinovito stanje.

Prednosti i nedostaci uporabe UNP-a:

Prednosti kod punjenje ukapljenim naftnim plinom:

- punjenje ukapljenim naftnim plinom je jednostavno kao i kod punjenja benzinom ili naftom i potrebno je gotovo isto vrijeme za punjenje,
- kao i kod benzina i nafte UNP je spremljen kao tekućina, plaća se po litri i ubrizgava se kroz crijevo u spremnik za gorivo,
- postupak punjenja je identičan: crijevo za punjenje se stavi u otvor koji se nalazi sa strane vozila. Crijevo za punjenje je nepomično kad se okrene u smjeru kazaljke na satu, pritisne se drška i pumpa se gorivo u vozilo, punjenje se može prekinuti kada se drška vrati u početni položaj,
- ne može se slučajno natočiti benzin ili diesel jer otvor crijeva ili vrh štrcaljke točno odgovara otvoru za punjenje na vozilu,
- kao i kod vozila koja koriste uobičajena goriva i vozila na UNP imaju indikator razine goriva u spremniku. Ugrađen je na prekidaču koji se nalazi na kontrolnoj ploči na kojoj se može prebaciti između benzina i UNP-a.

Prednosti pri zaštiti okoliša:

- ukapljeni naftni plin je jedno od najčišćih goriva koja se upotrebljavaju u vozilima, njegovim izgaranjem nastaje manje ugljik dioksida od benzina te manje NO_x od dizelskog goriva,
- na gradskim cestama, prosječno jedno vozilo na dizelsko gorivo emitira istu količinu čestica kao 120 vozila na UNP i isto dušičnih oksida kao 20 vozila na UNP,
- upotrebom UNP-a smanjuje se onečišćenje pročelja na građevinama.

U odnosu na druga fosilna goriva izgaranjem se oslobađa manje HC spojeva (čade), otrovnih spojeva benzena i 1.3 butadiena te je znatno smanjena emisija sumpornih spojeva. Korištenjem UNP-a u gusto naseljenim područjima poboljšava se kvaliteta zraka te se smanjuje mogućnost nastanka kiselih kiša.

Ekonomске prednosti:

- cijena UNP-a se kreće oko pola cijene jedne litre benzina i dizelskog goriva,
- manja porezna davanja za vozila na UNP,
- neke vlade su uvele smanjena carinska davanja na UNP u razdoblju od 3 godine, to znači da bar u tom razdoblju je sigurno da će cijena UNP-a biti do 50 % niža od benzina,
- značajna ušteda pri upotrebi UNP-a u vozilima rezultira dužim radnim vijekom motora jer je čišće izgaranje, UNP je već u plinovitom stanju pri ulasku u cilindarsku komoru, te efikasnije izgaranje,
- većina automobila s električnim paljenjem pomoću svjećica se mogu prebaciti tj. modificirati u vozila na UNP. Vrlo je važno da to radi ovlaštena osoba te koja je za to specijalizirana. Trošak prelaska automobila ili manjeg dostavnog vozila je oko 10000-15000 kn. To se već može vrlo brzo nadoknaditi manji porezima na UNP te kroz manju cijenu UNP-a.

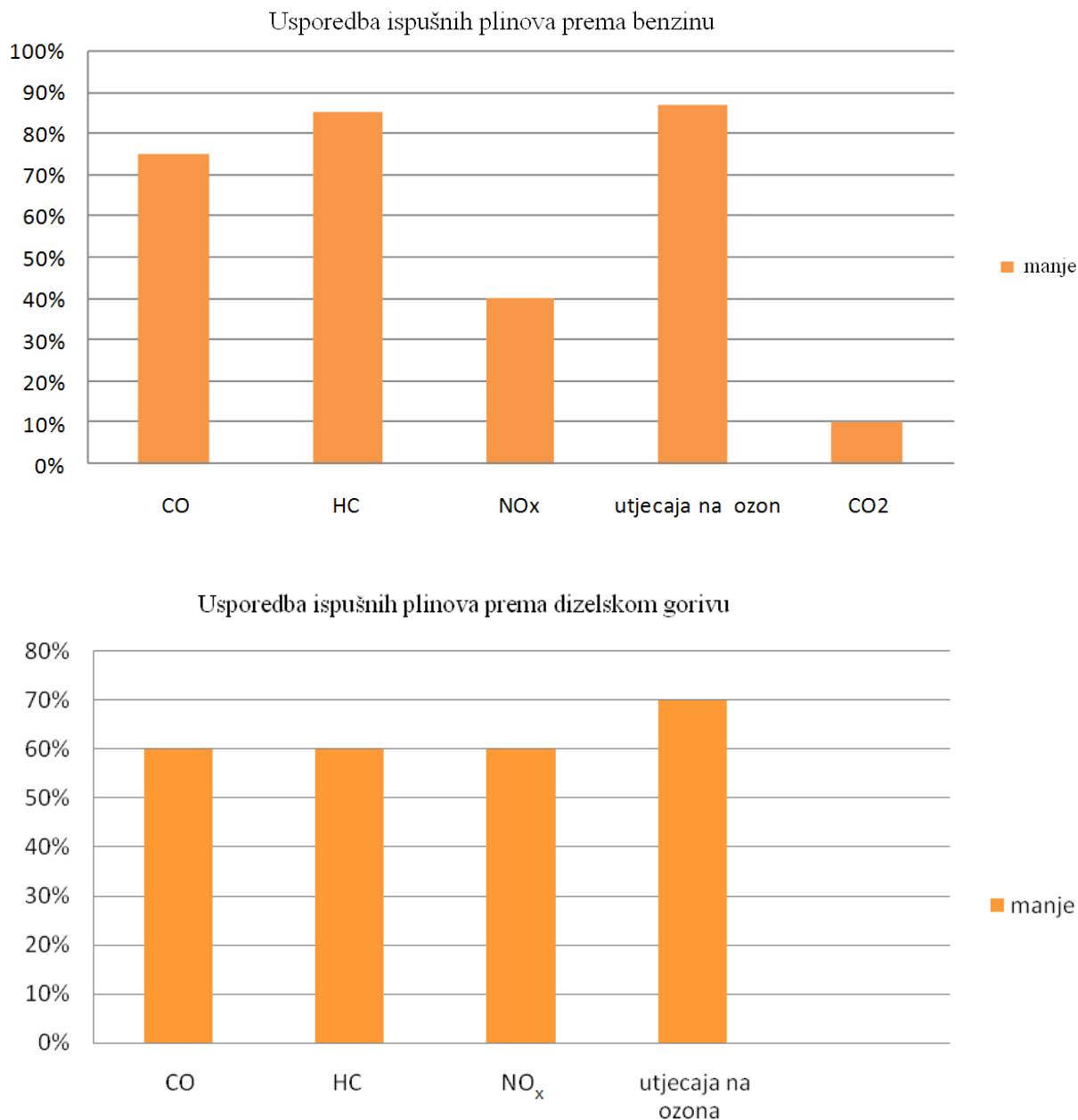
Ostale prednosti:

- ukapljeni naftni plin je produkt naftnih kompanija, te vezano uz opskrbu UNP-a budućnost je osigurana barem slijedećih 50 godina,
- vozila koja su prerađena da mogu voziti na UNP mogu također voziti i na benzin. Spremnik za benzin ostaje u vozilu i moguće se prebaciti sa jednog goriva na drugo jednostavnim prekidačem u slučaju da u blizini nemamo punionicu UNP-a,
- ukapljeni naftni plin je poznat i po sigurnosti tijekom prijevoza, skladištenja i korištenja tijekom vožnje. Smatra se čak sigurnijim od benzina, primjer toga su autobusi u Beču koji već voze 30 godina na UNP i nikada se nije dogodila nesreća vezana uz UNP.

Nedostaci:

- trošak ugradnje u vozilo koje koristi UNP,
- primjećuje se manja snaga u usporedbi s Ottovim i Dieselovim motorima sličnih karakteristika
- gubitak jednog djela prostora u prtljažniku zbog smještaja spremnika,
- relativno mali broj punionica (u Hrvatskoj) i velika udaljenost između pojedinih punionica,
- zabrana parkiranja u podzemnim i zatvorenim garažama u pojedinim zemljama (npr. u Njemačkoj i Austriji) zbog toga što je UNP teži od zraka i skuplja se uz pod te gdje može tvoriti eksplozivnu smjesu,

- vozila na plin se uglavnom ne proizvode serijski nego se plinski pogon mora posebno naručiti.



Slika 3.3. Karakteristike ispušnih plinova vozila na UNP

3.1.1. Primjena

Ukapljeni naftni plin, kao pogonsko gorivo u motornom vozilu ima brojne ekološke, ali i ekonomske prednosti nad uobičajenim gorivima, benzinom i dizelskim gorivom: mogućnost razgradnje prizemnog ozona smanjena je za više od 50 %, emisija dušičnih oksida i ugljičnog monoksida za 80 %, dok su emisije sumpornih spojeva, benzola, aldehida i čvrstih čestica (čadi) gotovo zanemarive. [8]

Ukapljeni je naftni plin danas mnogo češći za pogon vozila od prirodnog plina. Razlog je prije svega mnogo manji tlak pri kojem se plin sprema u automobilski spremnik: 6 do 7 bar u usporedbi s 200 bar kod prirodnog plina. Stoga je uz brojne tehničke i tehnološke čimbenike,

velika prednost UNP-a subjektivan osjećaj sigurnosti - vozačima i putnicima baš i nije ugodna spoznaja da im je nad glavama ili pod nogama, gdje se u vozilima najčešće nalazi spremnik prirodnog plina, plin pod tlakom od 200 bar, a za razliku od toga, spremnik UNP-a stane u običan prtljažnik. Naravno, u štetnom djelovanju za ljude i imovinu nema bitnije razlike radi li se o 6 ili 200 bar.

Uz to, opskrba ukapljenim naftnim plinom mnogo je jednostavnija, čemu osobito pridonosi mreža od 22 000 postaja širom svijeta, dok se postaje za opskrbu prirodnim plinom u pravilu nalaze samo u većim gradovima, najčešće u pogonu komunalnog, plinoopskrbnog poduzeća. U Hrvatskoj se tako punionice ukapljenog naftnog plina za vozila nalaze u dvadesetak gradova, od kojih je čak polovica na obali čime se izlazi u susret stranim, posebice talijanskim vozačima.

3.2. Prirodni plin

Za pogon motornih vozila se od permanentnih plinova najčešće koriste metan, prirodni plin i gradski plin. Ako se prirodni plin koristi za pogon motornih vozila, tlači se na 200 bara (20 MPa), a oktanski broj (RON) iznosi oko 105. Kritični kompresijski omjer počinje pri 12,6:1. [6]

Zemni ili prirodni plin je fosilno gorivo koje se nalazi na prirodnim naftnim poljima i sastoji se najvećim dijelom (85 do 95 %) od metana CH_4 , koji je najjednostavniji ugljikovodik, bez boje i mirisa i okusa. Nezapaljiv je ali eksplozivan. Preostali dio su ugljikovodici, dušik i ugljični dioksid.

Jedan od problema prirodnog plina je taj što udio metana zavisi od nalazišta, na primjer u Rusiji se kreće oko 98 %, a primjerice u Nizozemskoj oko 80 do 85 %. Prirodni plin kao fosilno gorivo ima ograničene zalihe, ali smatra se da će plina još biti i poslije zadnjih zaliha nafte.

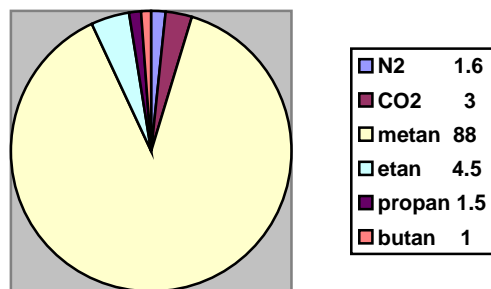
Prije nego što se Prirodni plin može koristiti kao gorivo treba se izdvojiti sve sastojke osim metana, kao na primjer: Propan, Etan, Butan i ostale spojeve čija je masa molekule veća, te sastojke Helij i Dušik.

Metan se još naziva i močvarni plin, u prirodi se pojavljuje bez boje, ali zato kad gori nestaje u obliku plamena plave boje. Gustoća mu je 0.717 kg/m^3 pri plinovitom stanju.

Kritične točke kod Metana:

- točka taljenja mu je na 25°C pri tlaku od 15 bara,
- točka ključanja je pri temperaturi od -161.6°C ,
- temperatura samozapaljenja je od $482\text{-}632^\circ\text{C}$,
- maksimalna temperatura gorenja je 2148°C ,
- točka u kojoj Metan može postojati u tzv. termodinamičkoj ravnoteži je pri 162.3°C i tlaku 0.117 bara.

Prirodni plin ukapljuje se hlađenjem na oko -163°C , čime se njegov obujam smanjuje za približno 580 puta, što omogućuje ekonomičan prijevoz brodovima, ali istodobno nameće visoke zahtjeve u pogledu vrste materijala od kojega se izgrađuju spremnici (tankovi) broda i obalni uređaji. Kritična točka je na temperaturi -83°C i pri tlaku od 47,2 bara. Za ove plinove potreban je tlak od približno 200 bara da bi se ukapljili i time se u spremnike normalne veličine mogu smjestiti količine dovoljne za oko 300-400 km. Kada se prirodni plin prevozi brodovima kao teret, često se koristi i kao pogonsko gorivo za plinsku turbinu.



Slika 3.4. Približni sastav prirodnog/ zemnog plina u Republici Hrvatskoj [2]

Sumarno: 99.6 % + 0.07 % H₂O + C₅,C₆,C₇,C₈

$Hd \approx 37000 \text{ kJ/m}_N^3$

Ruski zemni (prirodni) plin:

- Pretežno metan CH₄, $Hd \approx 36000 \text{ kJ/m}_N^3$

Uobičajeni sastav Ruskog prirodnog plina:

- CH₄ (metan) 92 do 99 %
- N₂ (dušik) 0,4 do 2,9 %
- C₂H₆ (etan) 0,05 do 2,6 %
- butan i viši ugljikovodici 0,1 do 0,4 %
- CO₂ (ugljični dioksid) 0,05 do 0,09 %

Prosječne značajke prirodnog plina:

- $Hg = 40,152 \text{ MJ/m}^3$ ili $11,153 \text{ kWh/m}^3$ - gornja ogrjevna vrijednost (pri 25 °C i 1.013,25 mbara)
- $Hd = 36,218 \text{ MJ/m}^3$ ili $10,061 \text{ kWh/m}^3$ - donja ogrjevna vrijednost (pri 25 °C i 1.013,25 mbara)
- $\rho = 0,753 \text{ kg/dm}^3$ - gustoća plina (pri 0 °C i 1.013,25 hPa)
- $\rho_r = 0,590$ - relativna gustoća (pri 0 °C i 1.013,25 hPa u odnosu na zrak)
- CO_{2max} = 11,84 % - najveći mogući volumni udio CO₂ nakon izgaranja.
- Temperatura samozapaljenja iznosi 620 °C (bez prisutnosti izvora paljenja)
- Teoretski potrebna količina zraka za izgaranje iznosi $\lambda_{\min} = 9,53 \text{ m}^3/\text{m}^3$
- Temperatura rosišta plinova izgaranja iznosi 59 do 64 °C.
- U uvjetima ukapljenja i pri 15 °C, donja ogrjevna vrijednost iznosi od 21,0 do 22,7 MJ/dm³
- Granica eksplozivnosti 4,2 do 17,4 % (pri 20 °C i 1.013 hPa)

Svojstva komercijalnog prirodnog plina:

- Prirodni plin je bez boje, okusa i mirisa,
- Kod komercijalne primjene dodaje se odorizator merkaptan,
- Lakši je od zraka otprilike dva puta,
- Nije otrovan, no u velikoj koncentraciji smanjuje količinu kisika u prostoriji, tj. može uzrokovati hipoksiju,
- Kod korištenja za pogon vozila tlači se na 200-230 bara te se pohranjuje u visokotlačne posude.

3.2.1. Stlačeni prirodni plin (SPP)

Stlačeni prirodni plin je poznat na engleskom jeziku kao *Compressed Natural Gas* (CNG), na njemačkom *Erdgas* (CNG), te na hrvatskom jeziku kao Stlačeni prirodni plin (SPP). Stlačeni prirodni plin se dobiva komprimiranjem metana (CH_4) koji se izvlači iz prirodnog plina. Metan je najkraća i najlakša molekula ugljikovodika. U prirodnom plinu ga ima oko 85 %. Često se Stlačeni prirodni plin (SPP) ili (CNG) zamjenjuje za Tekući prirodni plin (TPP) ili (LNG) *Liquid Natural Gas*, razlika je jedino u tome što je SPP u stlačenom ili komprimiranom, a TPP je u tekućem stanju. [9]

Upotreba prirodnog plina je raznovrsna. Plin se upotrebljava u kućanstvu, koristi se kao sredstvo za grijanje, u industriji itd., ali se u zadnje vrijeme sve više javlja kao i alternativno gorivo prema nafti za pogon motornih vozila. Prednosti upotrebe prirodnog plina za pogon je u tome što motori pogonjeni prirodnim plinom ispuštaju za polovicu manje štetnih plinova od odgovarajućih Dieslovih motora koji ispunjavaju Euro 2 normu. Osim toga, prednost mu se očituje i u činjenici nepostojanja krutih čestica u ispušnoj cijevi, buka je neusporedivo manja kao i niža cijena u odnosu na dizel ili benzin. Prirodni plin je značajan i u pogledu da su autonomija kretanja bitno veći nego kod ostalih alternativnih goriva.

Tablica 3.3. Osnovna svojstva SPP-a (pri standardnim uvjetima) [10]

Svojstvo	Vrijednost
Gornja ogrjevnost, H_g	10,28 kWh/m ³ (37,010 MJ/m ³)
Donja ogrjevnost, H_d	9,26 kWh/m ³ (33,338 MJ/m ³)
Gornji Wobbeov broj, W_g	13,6 kWh/m ³ (49,0 MJ/m ³)
Gustoća, ρ	0,731 kg/m ³
Relativna gustoća, D	D= 0,57 (lakši od zraka)
Molarna masa, M	M= 16,32 kg/mol
Udio CO ₂ u dimnim plinovima, CO _{2max}	CO _{2max} = 11,84 %
Područje eksplozivnosti u zraku	5 – 15 %

Prednosti stlačenog prirodnog plina:

- duži vijek trajanja motora
- komponente u vozilu ostaju čistije zbog boljeg izgaranja plina
- manji trošak pri servisu zbog rjeđeg otkaza dijelova u vozilu
- poticaj od strane države pri ugradnji i korištenju plina
- bolja učinkovitost u odnosu na klasična goriva
- manja buke motora
- smanjenje neugodnih mirisa u usporedbi s dizelskim gorivom

Nedostaci stlačenog prirodnog plina:

- SPP povećava težinu spremnika 5 - 7 puta
- spremnik pod visokim tlakom
- manja snaga motora
- manja autonomija u odnosu na vozila na benzin i dizel
- mali broj punionica
- teško predvidivo kretanje cijena goriva
- upotreba SPP zahtjeva informiranost i obuku
- rizik kod dnevnih popravaka u radionici zbog visokog tlakova
- periodično ispitivanje rezervoara
- visoke investicije
- uključuje nove sustave i način održavanja
- nove vrste propisa i birokracije

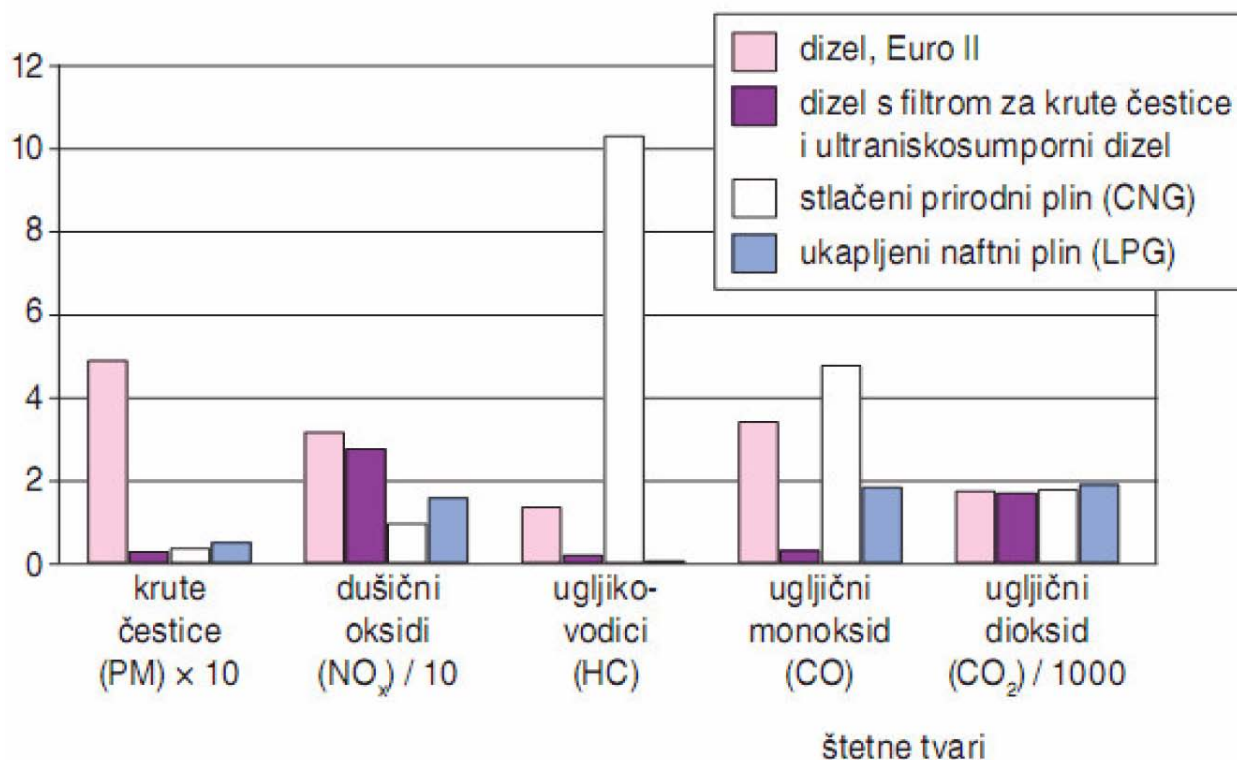
Stlačeni prirodni plin je jedno od najčistijih fosilnih goriva. Stlačeni prirodni plin izgaranjem ima manje dušičnog oksida, ugljik dioksida i sumpor dioksida od benzina.

Tehničke specifikacije

SPP se pohranjuje unutar spremnika pri tlaku od oko 200 bara. Postoji četiri tipa cilindričnih spremnika, a najviše se koristi (u 90 % tržišta) „tip I“ načinjen od čelika. Ostala tri tipa se razlikuju po materijalu od kojeg su izrađeni. Tako mogu sadržavati aluminij, staklena i ugljična vlakna. Kapaciteta su od 50 do 120 litara te ih se u teškim teretnim vozilima može smjestiti i do 12 komada ovisno o konstrukciji.

Ekološka prihvatljivost [11]

Prirodni plin može izgarati u motorima s unutarnjim izgaranjem na više načina pa se općenito može koristiti i u Ottovim i u Dieselovim motorima, uz odgovarajuće prerade. No, ovisno o načinu izgaranja, emisija ispušnih plinova će biti bitno drukčija. Konverzija Dieselovih motora uobičajeno daje veliku količinu NO_x u produktima izgaranja. No sva vozila na SPP imaju malu količinu krutih čestica. Što se tiče potencijalne koristi od primjene SPP-a u autobusima po pitanju ispušnih plinova, uštede goriva, pouzdanosti i troškova, ima dosta konfuzije u objavljenim analizama. To ponajviše ovisi o vrsti usporedbe: originalni autobus na SPP u odnosu na stari dizelski pokazat će izvanredne rezultate, dok će konvertirani autobus u odnosu na novi dizelski s niskosumpornim dizelom pokazati osrednje ili loše rezultate. No, općenito se može reći da autobusi pogonjeni SPP-om emitiraju 40-86 % manje krutih čestica i 38-58 % manje NO_x od uobičajenih dizelskih. Količina NO_x značajno ovisi o namještenosti motora, zbog čega loše izvedene prerade mogu pokazati i loše rezultate. Stlačeni prirodni plin u usporedbi s dizelom emitira veće količine CO, ugljikovodika i nereaktivnog metana koji nije značajan onečišćivač, ali je potencijalni staklenički plin. Istraživanja općenito pokazuju da je u usporedbi s običnim dizelom značajno čistiji, ali se to ne može reći i u usporedbi s 'čistim' dizelom i novim tehnikama Dieselskih motora i dodatne obrade ispušnih plinova u ispuhu.



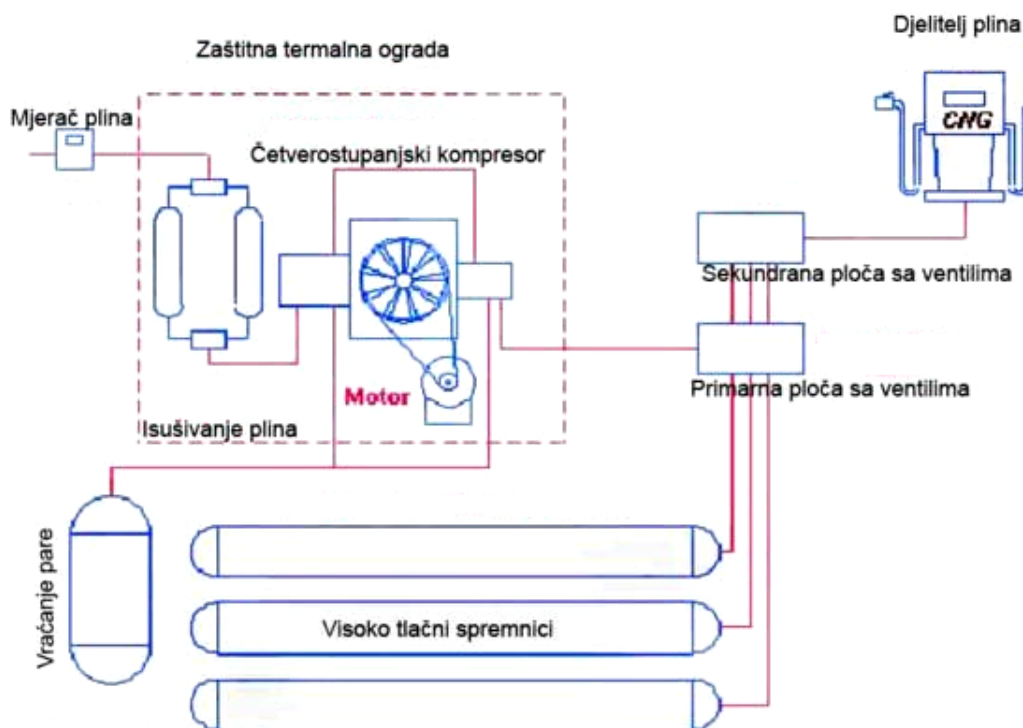
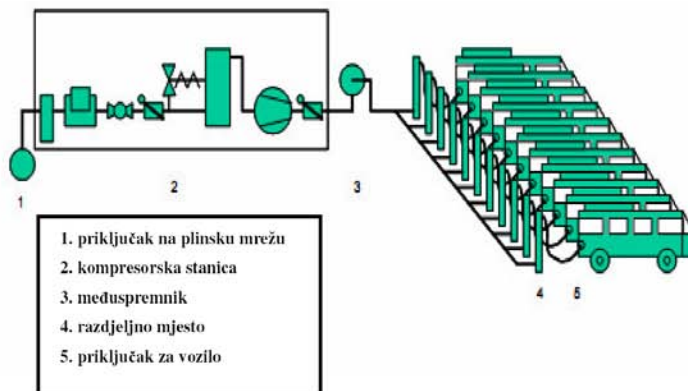
Slika 3.5. Rezultati ispitivanja emisija različitih pogona za autobuse

3.2.2. Opskrbna mjesta SPP-a

Osim vozila vrlo je bitna i infrastruktura ili stanice za punjenje plinom. Njihova izgradnja i održavanje je skuplje od klasičnih stanica za punjenje benzinom ili dieselom. Zbog toga vozila koja prometuju između gradova na velikoj međusobnoj udaljenosti nisu podobna za prelazak na stlačeni prirodni plin, ako nema dobro povezane mreže stanica za punjenje plinom. Kod Tekućeg prirodnog plina je situacija povoljnija jer ima do 60 % veću gustoću od SPP-a i s time veću energiju.

Za svaki tip vozila infrastruktura se može izgraditi i priključiti na plinsku mrežu. Punjenje se može vršiti sporije tijekom cijele noći ili bržim načinom u nekoliko minuta što ima za posljedicu 20 % manji obujam plina u spremnicima. Tlak je stlačen u rasponu između 200 i 345 bar.

Za potrebe javnoga prometa izvedba je prikazana na sljedećoj slici i shematski se sastoji od (1) priključka na plinsku mrežu, (2) kompresorske stanice, (3) međuspremnik, (4) razdjelnog mjesta i (5) priključaka za vozila.



Slika 3.6. Shema punionice SPP-a za potrebe javnoga prometa

Stanice za punjenje plinom u Saarbruckenu (Njemačka):

Stanica se otvorila 1999. godine, bila je tada najveća stanica za punjenje Prirodnim plinom. Vrijeme punjenja jednog autobusa je bilo oko tri minute. Kapacitet kompresora je bio 2730 m³/h sa tlakom od 25 MPa. Kapacitet spremnika je 7200 m³. Šest uređaja za punjenje plinom od kojih su četiri bila visokog kapaciteta.

Stanice za punjenje u Augsburgu (Njemačka):

Prvi korak kod stanice je bio taj da su povećali kapacitet punjenja tako da su spojili dva klipna kompresora u paralelan rad direktno na plinsku mrežu sa tlakom od 36 bara ili 3,6 MPa. Drugi korak je bio ugradnja dodatnih kompresora koji bi se mogli spojiti direktno na plinsku mrežu kao generator na kraju kojeg bi bio tlak pritiska od 10 do 25 MPa (100 do 250 bara). U tom slučaju punjenje bi bilo iz jednog izvora uz tlak od 220 bara.

Vrijeme punjenja autobusa prije nadogradnje je bilo 10 minuta, a nakon 6 minuta uključujući vrijeme za čišćenje (prosječno vrijeme čišćenja iznosi oko 1.5 minute).

Stanice za punjenje u Ravenni (Italija):

Stanice za punjenje su u mogućnosti napuniti autobus za 11 minuta pri tlaku od 21.6 MPa. Stanice koriste dva kompresora snage 110 kW i koji omogućuju protok plina od 2000 m³/h .

3.2.3. Tekući prirodni plin (TPP)

Tekući prirodni plin (TPP) je još poznat na engleskom jeziku kao *Liquid Natural Gas* (LNG). TPP možemo dobiti tako da prirodni plin ohladimo na -160 °C na atmosferskom tlaku te tako kondenzira u tekuće stanje. Pri postupku dobivanja TPP-a može se pročistiti na vrijednost 100 % Metana. Njegov volumen iznosi oko 1/600-ne volumena prirodnog plina.

Gustoća Tekućeg prirodnog plina iznosi 45 % gustoće vode, dok sami TPP ima gustoću od 0.41 do 0.5 kg/L, što ovisi o temperaturi, tlaku i sastavu. Za usporedbu gustoća vode je 1.0 kg/L. TPP je plin bez mirisa, nije korozivan, i nije toksičan. Pri isparavanju može goriti tek pri koncentraciji od 5 % do 15 % kad se pomiješa sa zrakom, kada je mješavina zraka i TPP-a ispod 5 % ne može doći do procesa gorenja. TPP ni njegove pare ne mogu eksplodirati u zatvorenom okolišu.

Tekući Prirodni plin nema specifičnu toplinsku vrijednost, to se sve zavisi od izvora prirodnog plina i postupku dobivanja TPP-a. Njegova najviša toplinska vrijednost iznosi 24 MJ/L pri temperaturi od -164 °C, i tlak od 101 do 6000 kPa. Kako je TPP veće gustoće od SPP-a lakše ga je transportirati pa se ujedno i više upotrebljava kao zamjensko gorivo.

Ekonomске prednosti TPP u odnosu na SPP:

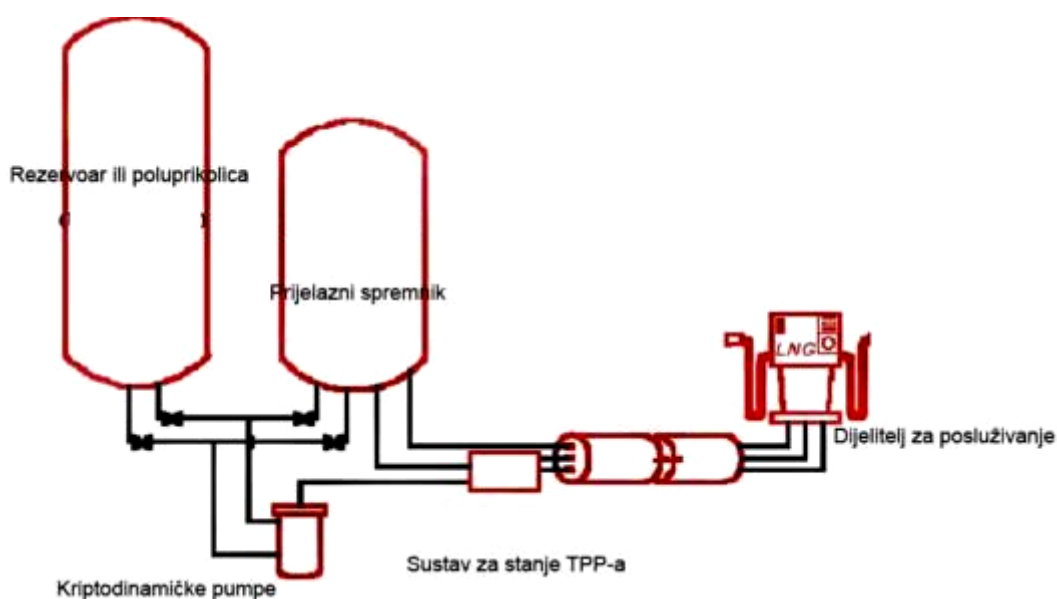
- vozila na Tekući prirodni plin (TPP) imaju manju težinu nego vozila u kojima se nalazi Stlačeni prirodni plin (SPP), pa stoga mogu prevoziti 3/4 tone tereta više u odnosu na korisnu nosivost.
- cijena koštanja vozila s pogonom na TPP je niža od cijene vozila na SPP
- kilogram TPP-a ima veću energetska vrijednost od SPP-a
- stanice za punjenje TPP-om ne zahtijevaju električnu energiju dok je stanicama za punjenje SPP-om potrebno 5 p/kg električne energije da bi se stlačio plin
- glavna cijena koštanja jedne stanice za TPP predstavlja samo djelić vrijednosti stanice za SPP

Tehničke specifikacije i opskrba

Sustav vozila za pogon s TPP-om je sastavljen od spojnice za punjenje, spremnika, isparivač (služi za isparavanje plina odnosno prelaz iz kapljevito u plinovito stanje pod utjecajem topline) i tlačnog nadzora opskrbe motora plinom. Spremnik se sastoji od dvije kriogene posude (posude za ekstremno niske temperature) i termički je izoliran vakuumom, zbog izolacije. Spremnik obično sadrži hidraulički sustav koji signalizira kada je napunjen. Unutar spremnika plin je pod tlakom od 5 - 7 bara.



Slika 3.7. Spremnik za TPP



Slika 3.8. Skica stanice za punjenje Tekućim prirodnim plinom u gradu Bloomfield, SAD

Najvažnije komponente ovog sustava su: Prijelazni spremnik kapaciteta 7400 l, dvije motorne pumpe promjenjive brzine. Sustav za stanje TPP-a i prijenosni sustav za distribuciju plina, te pumpa koja može istovremeno posluživati dva vozila.

3.3. Sintetički plin

Po svojstvima je vrlo sličan prirodnom plinu. Proizvodi se raznim postupcima iz kamenog ugljena ili lignita, u blizini samih nalazišta odakle se plinovodima dovodi do mjesta potrošnje.

Gasgeneratorski plinovi: metan CH_4 , H_2 , CO + CO_2 (cca 60 %) + ostalo

Dobivaju se iz drveta i koksa, a uglavnom se više ne koristi.

- $H_d = 10.000 - 12.000 \text{ kJ/m}^3$

Otpadni gorivi plinovi: plin visokih peći: CH_4 , CO , H_2 + ostalo

$H_d = 8000 \text{ kJ/m}^3$ [6]

3.4. Miješani plin

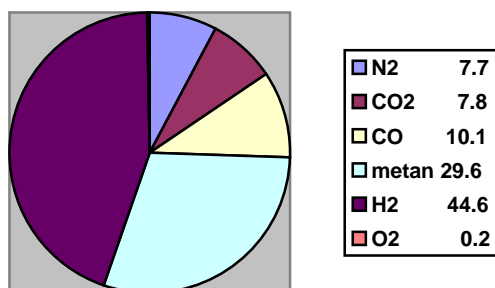
Dobiva se miješanjem UNP-a i zraka u volumnom omjeru 45 : 55 %

Područje eksplozivnosti je 5 % do 35 % koncentracije u zraku. Ima Wobbeov indeks kao i prirodni plin, pa se koristi u instalacijama kod kojih je planiran budući prelazak na prirodni plin. [6]

3.5. Gradski plin

Dobiva se nepotpunim izgaranjem kamenog ili mrkog ugljena.

Sastoji se od sljedećih plinova: (H_2 50 %, CO 16 %, C_nH_{m+2} 12 %, C_nH_m 2 %, O_2 1 %, $\text{CO}_2 + \text{N}_2$ 19 % (označeni su volumni udjeli). [6]



Slika 3.9. Približni sastav gradskog plina (molni udio)

Sumarno: 100 % $H_d \approx 16000 \text{ kJ/m}_N^3$

PLINOVI stvaraju eksplozivne smjese sa zrakom u koncentraciji:

- gradski plin od 4,5 - 34 %
- metan CH_4 od 5 - 15 % (prirodni zemni plin)
- butan C_4H_{10} od 1,86 - 8,41 %

3.6. Zašto ugraditi plin u vozilo

Analizirajući prednosti primjene auto-plina u vozilima treba se, kod izrade proračuna troškova, voditi računa i da je potrošnja auto plina otprilike 10 % volumno veća od potrošnje benzina, a ekonomičnost se ogleda u gotovo 60 % manjoj cijeni goriva.

Dakle, prednosti primjene auto-plina su:

- ušteda na troškovima goriva više od 60 %,
- ušteda na troškovima održavanja vozila (rjeđe se mijenja ulje i sl.)
- vozila s ugrađenim UNP sistemom ne podliježe EKO-test-u,

- s ugrađenim auto-plin uređajem polovno vozilo na tržištu ima veću cijenu (jer koristi jeftinije gorivo)
- nema mogućnosti prosipanja goriva prilikom točenja i neugodnih mirisa,
- auto-plin spremnici su svojim konstrukcijskim rješenjem, kvalitetom materijala i načinom izrade kao i kontrolnim sistemom, sigurniji i otporniji na fizičko djelovanje (sudar) od benzinskih spremnika,
- s ugrađenim auto-plin uređajem postoji mogućnost biranja pogonskog goriva, pritiskom na gumb, benzin ili plin.

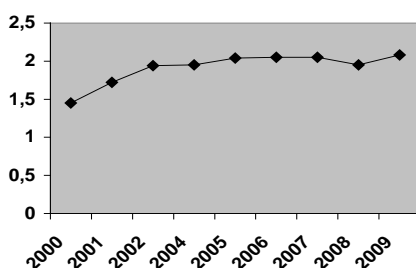
3.6.1. Tehnički čimbenici

Autoplin zbog svojih karakteristika ima izuzetno povoljan utjecaj na motor:

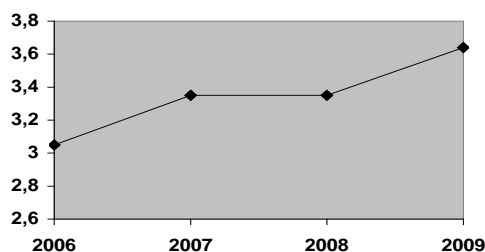
- mirniji i tiši rad motora;
- vijek trajanja motora povećava se za oko 30 %;
- udvostručuje se vijek katalizatora i lambda sonde;
- produžen je vijek ispušnog sistema automobila;
- veća je trajnost ulja u motoru -duže vrijeme ulje zadržava vlastite karakteristike jer se ne razgrađuje benzinom, pa su samim tim i troškovi redovnog održavanja smanjeni;
- ne dopušta se stvaranje korozije koja nastaje prisutnošću aditiva, koji se dodaju benzinu radi poboljšavanja njegovih svojstava;
- nema dima i gareži;
- plinski uređaj s jednog automobila može se prebaciti na drugi, pod uvjetom da automobili imaju isti sistem napajanja gorivom ili uz malu modifikaciju
- nije potrebno nikakvo posebno prilagođavanje niti promjena stila vožnje;
- manja mogućnost od eksplozije, jer zahvaljujući zaštiti na više nivoa, cijeli sistem je sigurniji u odnosu na incidentno isticanje plina.

3.6.2. Usporedna UNP-a i SPP-a

Plinska instalacija je skuplja za prirodni (zemni) plin nego za UNP, tako da je početna investicija veća, a trenutačno je ponuda takvih uređaja za prirodni plin u Hrvatskoj znatno manja ili simbolična u odnosu na UNP plinsku instalaciju kod koje se može birati već između desetak proizvođača, različite kvalitete i naravno cijene. Razlika između SPP-a i UNP-a uređaja je u spremniku i isparivaču, dok su ostali dijelovi isti. Cijena auto plina (01.05.09.) UNP je 3,64 kn/l (6,57 kn/kg), dok je cijena SPP za vozila 3,97 kn/kg. Jedna litra zemnog plina teška je oko 250 grama. Pri usporedbi cijena treba obratiti pažnju na to da se plaća različita jedinica plina litra, odnosno kilogram. Oni malobrojni u Hrvatskoj koji koriste za pogon CNG plin kažu da se za 20 kuna može automobilom napraviti 100 km. SPP je nešto malo manje od duplo jeftiniji po prijednom kilometru od UNP-a i nije samo još jedan od produkata prerade sirove nafte. Sa UNP-om 100 km koštaju oko 33 kn, a kod benzina oko 83 kune. Vožnja na SPP ugrubo je 40 % jeftinija nego vožnja na UNP. No, ništa na svijetu nije idealno, pa je SPP-u najveći nedostatak raspoloživa samo jedna punionica u Hrvatskoj i mala autonomija. Vozila koja koriste SPP imaju autonomiju vožnje oko 150 do 400 km, dok vozila koja koriste UNP imaju autonomnost od 350 do 700 km, što je vezano s ugrađenom veličinom spremnika plina.



Slika 3.10. Prosječna prodajna cijena prirodnog plina u Hrvatskoj od 2000. do 2009. godine (u kn/m³, s PDV-om)



Slika 3.11. Prosječna prodajna cijena UNP-a u Hrvatskoj od 2006. do 2009. godine (u kn/l, s PDV-om)

3.7. Mogućnost uvođenja prirodnog plina u sektor javnog prometa grada zagreba

Projekt Grada Zagreba je obuhvatio detaljnu analizu postojećeg voznog parka u vlasništvu Zagrebačkog holdinga i mogućnosti uporabe prirodnog plina za pogon motornih vozila. Analiza provedena tijekom izrade studije ukazuje na 35 % -tnu moguću zamjenu vozila na prirodni plin (u dijelu od ukupnog broja trgovačkih društava) od ukupnog broja osobnih i gospodarskih vozila, uz zamjenu ukupno 2,5 milijuna litara klasičnih motornih goriva u razdoblju od 10 godina (predviđeni životni vijek vozila) i ukupnu uštedu od oko 10 milijuna kuna u istom razdoblju. Procijenjena potreba ulaganja kreću se između 2,5 i 3 milijuna kuna (dodatna investicija u vozila na prirodni plin u odnosu na istovjetni model na motorni benzin ili dizelsko gorivo) u ukupno 275 vozila. [12]

Analiza potencijala uvođenja prirodnog plina u autobuse zagrebačkog ZET-a uporabom autobusa na prirodni plin moguće je pouzdano obuhvatiti do 35 % linija ZET-a i zamijeniti prirodnim plinom nešto iznad 4 milijuna litara dizelskog goriva u do 90 autobusa na prirodni plin. Potrebna ukupna dodatna ulaganja u autobuse kreću se od 5 do 5,5 milijuna EUR-a (s porezom), a potrebna procijenjena ulaganja u punionicu (oprema i građevinski radovi, s carinom i porezima) su oko 2,3 milijuna EUR-a (do najviše 4 milijuna EUR-a, ovisno o odabranom tehničkom rješenju). Ulaganja u vozni park vraćaju se u razdoblju od 3 do 5 godina. Prije provedbe projekata potrebno je s nadležnim institucijama riješiti uvjete vezane uz prenamjenu garaže u cilju mogućnosti prihvata autobusa na prirodni plin.

Nakon priprema za uvođenje autobusa na prirodni plin koje su trajala 15 mjeseci, zagrebački javni prijevoz je dana 22. svibnja 2007. godine dobio dva autobusa na testiranje (o tome će

biti riječ u 7. poglavlju). Sukladno preporukama Studije, grad Zagreb je nabavio određen broj novih Fiata Doblo na prirodni plin. Sljedeći korak je raspisivanje natječaja za nabavu autobusa na prirodni plin kao i izrada punionice koja će biti najvjerojatnije smještena u krugu ZET-ove autobuse garaže u Dubravi. Na taj način grad Zagreb će pokušati uhvatiti korak sa zapadnoeuropskim gradovima i standardima u kojim sve više dolazi do izražaja zaštita okoliša i diverzifikacija goriva.

4. ECE pravilnik i EU direktiva za vozila pogonjena plinom

Pravilnikom ECE-R 67.00 propisuju se uvjeti kojima moraju udovoljavati uređaji i oprema na motornim vozilima za pogon vozila plinom te za ispitivanje uređaja i opreme za plin i njihovu ugradnju u motorna vozila, kao i uvjeti za servisne radionice u kojima se mogu ugrađivati uređaji i oprema za pogon motornih vozila plinom.

Sve češćom uporabom stlačenoga prirodnog plina (metana) kao pogonskoga goriva u motornim vozilima, potom pojavom novih tehničko-tehnoloških dostignuća vezanih uz ukapljeni naftni plin (UNP; propan-butan) te usvajanjem u Ženevi (u okviru Ekonomskog povjerenstva UN za Europu, odnosno njegove radne skupine WP 29 - Svjetski forum za usklađivanje pravilnika o vozilima) homologacijskog Pravilnika ECE-R 67.00 (u Republici Hrvatskoj je trenutno na snazi homologacijski Pravilnik ECE-R 67.00) koji je obradio normative za opremu i uređaje za ukapljeni naftni plin, a kasnije usvajanjem i homologacijskog Pravilnika ECE-R 110 (taj pravilnik još nije na snazi u Republici Hrvatskoj) koji je obradio normative za opremu i uređaje za stlačeni prirodni plin, stvorila se potreba za nužne izmjene i dopune postojećeg Pravilnika o tehničkim normativima za uređaje i opremu za pogon motornih vozila na tekući naftni plin (NN, broj 4/2000, 57/2001 i 91/2001 u daljem tekstu Pravilnik o plinu). Novi je Pravilnik u odnosu na raniji obradio opsežniju problematiku te se odnosi na [13]:

- primjenu ukapljenoga naftnog plina
- primjenu stlačenoga prirodnog plina
- uvjete kojima moraju udovoljavati servisne radionice i serviseri za ugradnju plinskih uređaja u vozilo
- obvezu serviseri da nakon ugradnje plinskih uređaja izda Izjavu servisa o podobnosti ugrađenog uređaja
- valjano atestirane uređaje koji se smiju ugrađivati u vozilo
- ispitivanje vozila budući se ugradnja plinskih uređaja smatra pregradnjom vozila
- određivanje uvjeta za spremnike plina te rok njihova korištenja
- određivanje uređaja za ispitivanje propuštanja plina tj. određivanje prisutnosti plina oko uređaja i u radionici

Navedeni Pravilnik rađen je na osnovi vrijedećih europskih propisa, a s čvrstim osloncem na talijanske propise, budući Italija prednjači u razvoju uređaja i opreme za pogon motornih vozila plinom te zbog toga što su uređaji i oprema za pogon motornih vozila plinom, talijanskih proizvođača, najzastupljeniji na hrvatskom tržištu. Najveće novosti novoga Pravilnika svakako se odnose na ugradnju plinskih instalacija te ovlaštenja servisnih radionica, kao i obveze propisanoga ispitivanja vozila nakon ugradnje plinskog uređaja.

Osnovne odrednice za provedbu postupka ispitivanja vozila s ugrađenim plinskim uređajem:

Isključivo ovlaštena servisna radionica smije obavljati pregradnje vozila na pogon plinom, potom zamjene spremnika plina / uređaja u plinskoj instalaciji vozila te izgradnju i ponovnu ugradnju spremnika plina pri produljenju valjanosti tlačne probe.

Pod ovlaštenom servisnom radionicom razumijeva se radionica kojoj je ovlaštena organizacija za ispitivanje vozila iz članka 284. Zakona o sigurnosti prometa na cestama potvrdila ispunjavanje uvjeta propisanih Pravilnikom o plinu te koja posjeduje vrijedeće odobrenje

Ministarstva pomorstva, prometa i veza. Ovlaštena servisna radionica temeljni je preduvjet kvalitete te tehničke podobnosti i ispravnosti plinske instalacije ugrađene u vozilo.

Ugrađivati se smiju samo odobreni (atestirani) uređaji i oprema za pogon motornih vozila plinom, odnosno spremnici plina prema Uputi za odobravanje spremnika koji se koriste pri pogonu vozila plinom (UNP-om i metanom).

Ovlaštena servisna radionica dužna je poštivati odredbe Pravilnika o plinu.

Nakon obavljanja bilo kojeg od gore navedenih poslova, ovlaštena servisna radionica dužna je izdati IZJAVU SERVISERA O UGRADNJI I PODEŠENOSTI UREĐAJA I OPREME ZA POGON MOTORNOG VOZILA PLINOM: UNP-om, METANOM.

Vozilo se smije primiti na ispitivanje samo na osnovi Izjave serviser. Kod plinske instalacije za pogon motornih vozila UNP-om, uz provjeru da li ventil spremnika konstrukcijski odgovara spremniku plina na koji je ugrađen, kutomjerom se provjerava kut nagiba spremnika plina (odnosno ventila spremnika plina). Jedino ispravno ugrađeni ventil spremnika plina spriječit će dalje punjenje UNP-om kad se napuni 80 % obujma.

Propisanim uzimanjem uzoraka atmosfere u neposrednoj blizini plinskog uređaja odnosno instalacije u vozilu, od spremnika plina do motora, utvrđuje se nepropusnost cjelokupne plinske instalacije. Plinska instalacija smatra se nepropusnom kada detektorom prisutnosti plina utvrđena koncentracija plina ne prelazi opasnu koncentraciju.

Ispitivanje vozila u koji je ugrađen plinski uređaj smije obavljati samo ovlašteni nadzornik tehničke ispravnosti vozila u za taj posao ovlaštenoj STP.

Pri ispitivanju vozila pregrađenog na pogon plinom obavlja se analiza ispušnih plinova prema EKO-testu tijekom pogona motora plinom, a moraju biti zadovoljene propisane granične vrijednosti ispušnih plinova za Ottovie motore.

Prema unaprijed dogovorenim procedurama ovlašteni nadzornik obavlja pregled plinske instalacije ugrađene u vozilo, a Centar za vozila Hrvatske (CVH), u slučajevima kada je to propisano dogovorenim procedurama, nakon analize i obrade potrebne dokumentacije izdaje završne dokumente o plinskom uređaju u vozilu i vozilo sa svim sastavnicama plinskog uređaja uvodi u jedinstvenu bazu podataka.

4.1. Postupak odobravanja uvoza vozila temeljem ECE R 67.00 pravilnika

Ovaj postupak odnosi se na vozila iz uvoza, a koja su ispitana i odobrena prema Pravilniku ECE R67 za vozila pogonjena ukapljenim naftnim plinom, ili Pravilniku ECE R110 za vozila pogonjena stlačenim prirodnim plinom (metanom).

Za vozilo moraju biti obavljene sve potrebne procedure carinjenja i podmirivanja svih potrebnih davanja koja se odnose na uvoz vozila pregrađenog na pogon plinom u RH. Vlasnik vozila/podnositelj zahtjeva mora ishoditi Potvrdu o sukladnosti pojedinačno pregledanog vozila (E25) odnosno Izjavu o sukladnosti tipno odobrenog vozila.

Nakon toga, a prije prve registracije vozila u RH, potrebno je pristupiti postupku utvrđivanja podataka i provjeri homologacijske podobnosti plinskih uređaja i opreme ugrađenih u/na vozilo. Navedeni postupak obavlja STP Institut za vozila, Centra za vozila Hrvatske.

Vozilo pristupa postupku utvrđivanja podataka i provjeri homologacijske podobnosti plinskih uređaja i opreme temeljem:

- Jedinstvene carinske deklaracije za vozilo pregrađeno na pogon plinom,

- Računa o porijeklu vozila,
- Urednih prometnih dokumenata zemlje iz koje je vozilo uvezeno,
- Potvrde o sukladnosti pojedinačno pregledanog vozila (E25),
- Potvrde proizvođača odnosno temeljem Izjave o sukladnosti tipno odobrenog vozila,
- Dokumentaciji o plinskim uređajima i opremi ugrađenim u/na vozilo (ako je potrebno).

Prilikom navedenog postupka obavlja se:

- Utvrđivanje podataka o plinskim uređajima i opremi ugrađenim u/na vozilo
- Provjera homologacijske podobnosti plinskih uređaja ugrađenih u/na vozilo
- Provjera homologacijske podobnosti cjelokupne plinske instalacije ugrađene u/na vozilo

CVH, Institut za vozila izdaje Karton ovjere tehničke ispravnosti plinskih uređaja i upućuje vozilo na provjeru ispravnosti sustava za punjenje spremnika plinom kojeg će punitelj plina ovjeriti u za to predviđenoj rubrici.

Po obavljanju postupka utvrđivanja podataka i provjere homologacijske podobnosti plinskih uređaja i opreme ugrađenih u/na vozilo te nakon analize i obrade utvrđenih podataka CVH, Institut za vozila ispostavlja vlasniku vozila/podnositelju zahtjeva (ako je ishod postupka i obrade pozitivan) popunjene sljedeće dokumente:

- Certifikat (izdaje se za spremnik, u njemu je napisan datum slijedeće tlačne probe, ako vozilo ima više spremnika svaki spremnik mora imati svoj certifikat)
- Uvjerenje (se izdaje za sve ostale uređaje, kao na primjer pročišćivač plina, isparivač, regulator tlaka, plinski ventili, razni vodovi, itd.)
- Karton ovjere tehničke ispravnosti plinskih uređaja, uz upisan broj Uvjerenja

4.2. Uputa za odobravanje spremnika koji se koristi pri pogonu vozila plinom (UNP i SPP)

Spremnici plina koji se koriste u motornim vozilima kao dio uređaja i opreme za pogon vozila plinom mogu biti izrađeni, ispitani te odobreni za uporabu na temelju:

Nacionalnih propisa (bilo koje zemlje) i/ili na temelju Pravilnika ECE-R 67 Spremnici izrađeni na temelju nacionalnih propisa.

Novi spremnik izrađen na temelju hrvatskih nacionalnih propisa, da bi mogao biti ugrađen u motorno vozilo kao dio opreme plinskoga pogona, mora imati pripadajuće Uvjerenje nadležne Inspekcije posuda pod tlakom RH (IPTRH) te neposredno prije ugradnje u vozilo i Rješenje iste IPTRH. Novi spremnik izrađen na temelju nacionalnih propisa bilo koje druge zemlje mora udovoljavati uvjetima iz članka 11. (poglavlje 4.4.) Pravilnika o uvjetima kojima moraju udovoljavati uređaji i oprema za pogon motornih vozila plinom, te po pozitivnom nalazu nadležne IPTRH mora dobiti odgovarajuće Rješenje.

Da bi IPTRH pristupila provjeri tehničko-tehnološke dokumentacije (a pod tehničko-tehnološkom dokumentacijom može se smatrati i uredan prometni dokument o vozilu ovjeren od nadležne institucije) odnosno pregledu spremnika i po potrebi tlačnoj probi spremnika mora se udovoljiti zahtjevu propisanom u članku 11. stavak 1. Pravilnika o plinu.

Ako je spremnik, koji ima Rješenje prema točki 1.1., ugrađen u vozilo u roku kraćem od dvije godine od datuma proizvodnje odnosno zadnje provedene tlačne probe označene na spremniku, CVH će po pozitivnom ishodu ispitivanja vozila izdati i ovjeriti Certifikat za spremnik (prateći dokument o spremniku s tehničkim podacima, podacima o vlasniku i vozilu u koji je ugrađen spremnik, te o periodičkim pregledima i obavljenim tlačnim probama).

Ako je spremniku, koji ima Rješenje prema točki 1.1., do ugradnje u vozilo prošao rok dulji od dvije godine od datuma proizvodnje odnosno zadnje obavljene tlačne probe označene na spremniku, spremnik treba podvrći dodatnom pregledu i tlačnoj probi, a inspektor IPTRH će po pozitivnom ishodu tlačne probe izdati Rješenje. Po pozitivnom ispitivanju vozila CVH će temeljem Rješenja izdati i ovjeriti Certifikat za spremnik.

Svaki spremnik koji je ispitan prema nacionalnim propisima, bez obzira na visinu ispitnog tlaka, mora u zoni plinske faze imati ugrađene sigurnosne uređaje sukladno članku 14. Pravilnika o plinu.

Ako je spremnik odobren (homologiran) prema vrijedećem homologacijskom pravilniku (za UNP - ECE-R 67; za metan - još u izradi) i na sebi ima propisanu homologacijsku oznaku (npr. E8 67R 00B2018), treba postupiti na sljedeći način:

Spremnik kojemu od datuma proizvodnje do dana ugradnje u vozilo nije istekao rok dulji od dvije godine, može se ugraditi u vozilo kao dio opreme plinskoga pogona bez prethodnoga pregleda i tlačne probe od strane inspektora IPTRH. CVH će po pozitivnom ispitivanju vozila izdati i ovjeriti Certifikat za spremnik, a tehničke podatke će prepisati sa spremnika.

Ako je od datuma proizvodnje (ili posljednje tlačne probe) do dana ugradnje u vozilo prošao rok dulji od dvije godine, spremnik temeljem Izjave o sukladnosti treba kod IPTRH podvrći pregledu i tlačnoj probi. Po pozitivnom ishodu pregleda i tlačne probe inspektor IPTRH će izdati Rješenje, temeljem kojega će CVH po pozitivnom ishodu ispitivanja vozila izdati i ovjeriti Certifikat za spremnik. Izjava o sukladnosti mora, uz brojeve za koliku je seriju spremnika izdana, sadržavati i tvornički broj spremnika za kojeg će se izdati Rješenje.

Spremnici homologirani prema pravilniku ECE-R 67 (za UNP) moraju u zoni plinske faze imati ugrađene sigurnosne uređaje sukladno članku 14. (poglavlje 4.4.) Pravilnika o plinu.

Ako je uvezeno motorno vozilo u koje nije tvornički ugrađen uređaj i oprema za pogon vozila plinom, vozilo će se prije ispitivanja uputiti u ovlaštenu servisnu radionicu koja treba obaviti pregled i izdati Izjavu serviseru, a u odnosu na spremnik mogu nastati sljedeći slučajevi:

Ugrađeni spremnik je homologiran. Nakon pregleda ovlaštena servisna radionica izdaje Izjavu serviseru te upućuje vozilo na ispitivanje. Po pozitivnom ishodu ispitivanja vozila CVH izdaje i ovjerava Certifikat za spremnik poštujući rok periodičkoga pregleda i tlačne probe od 5 godina. Ako je taj rok prošao, CVH izdaje neovjereni Certifikat za spremnik i upućuje vozilo da preko ovlaštene servisne radionice obavi kod IPTRH periodični pregled i tlačnu probu, nakon čega se vraća u CVH gdje se završava postupak ispitivanja vozila i ovjerava Certifikat za spremnik, ako je ishod ispitivanja pozitivan.

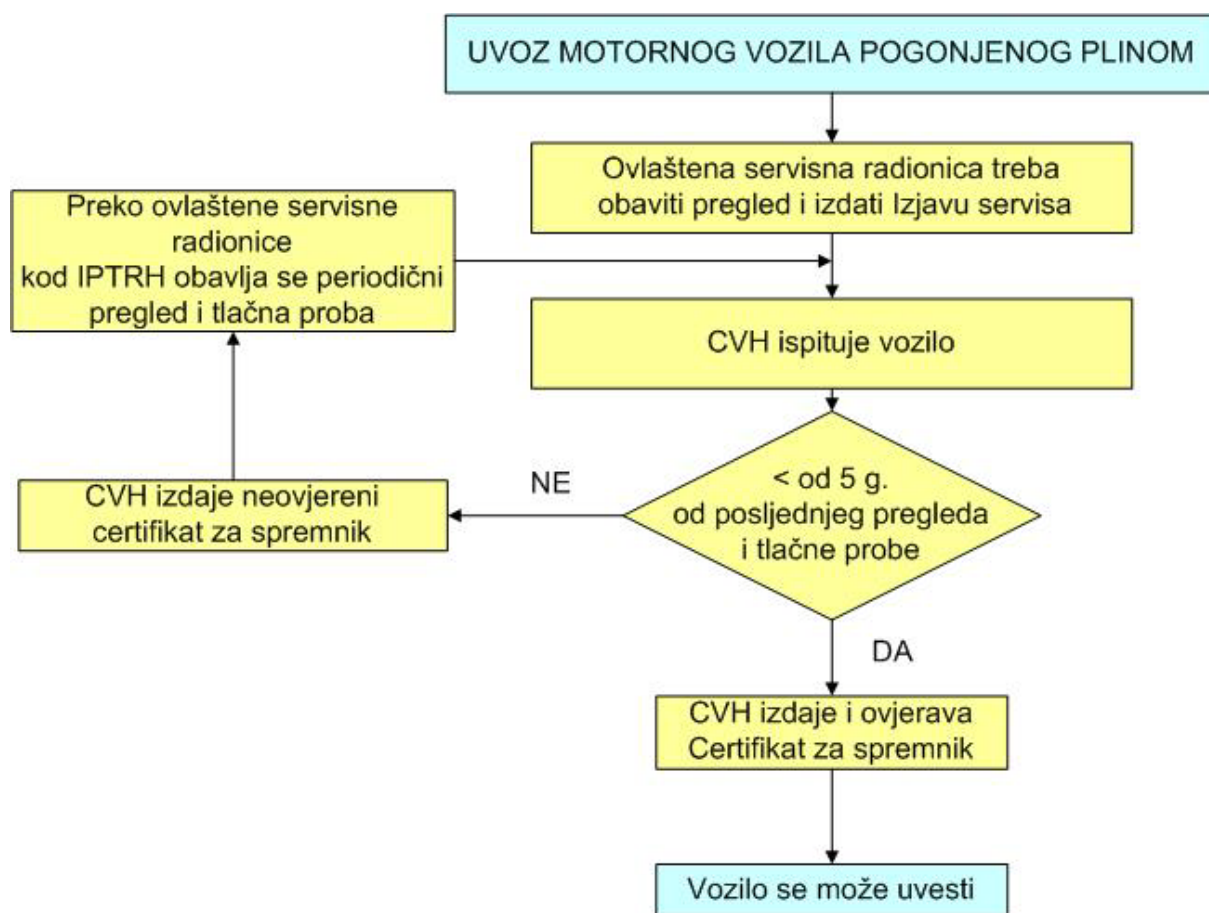
Ako je ugrađeni spremnik plina odobren temeljem nacionalnih propisa prema točki 1. ove Upute, da bi se koristio u RH mora imati pozitivan nalaz IPTRH. Dokument koji pri tomu izdaje IPTRH nosi naziv Rješenje. Rješenje se izdaje za svaki spremnik (i nosi odgovarajući tvornički broj spremnika) koji je izrađen na temelju provjerene tipne tehničko-tehnološke dokumentacije uz pregled i po potrebi provedene tlačne probe. Ovlaštena servisna radionica ugrađuje spremnik, izdaje Izjavu serviseru te upućuje vozilo u CVH, a CVH po pozitivnom ishodu ispitivanja vozila izdaje i ovjerava Certifikat za spremnik.

Ako su plinski uređaji i oprema tvornički ugrađeni u vozilo, vozilo mora imati COC dokument (dokument o jedinstvenoj europskoj homologaciji vozila temeljem odgovarajuće Smjernice) u kojem uz popis svih ostalih izvršenih homologacija po određenim pravilnicima mora biti i po ECE-R 67 (za UNP). Takvo vozilo se upućuje na ispitivanje mimo ovlaštene servisne radionice tj. bez Izjave servisera. CVH će, po pozitivnom ishodu ispitivanja vozila, izdati i ovjeriti Certifikat za spremnik uz uvjet da od zadnje tlačne probe nije prošao rok dulji od 5 godina. Ako je od zadnje tlačne probe prošao rok dulji od 5 godina, CVH će izdati neovjereni Certifikat za spremnik i uputiti vozilo u ovlaštenu servisnu radionicu kako bi se obavio periodični pregled i tlačna proba kod IPTRH, a inspektor će po pozitivnom ishodu izdati Rješenje. Ovlaštena servisna radionica ugrađuje spremnik, izdaje Izjavu servisera te upućuje vozilo u CVH koji završava ispitivanje i po pozitivnom ishodu ovjerava Certifikat za spremnik.

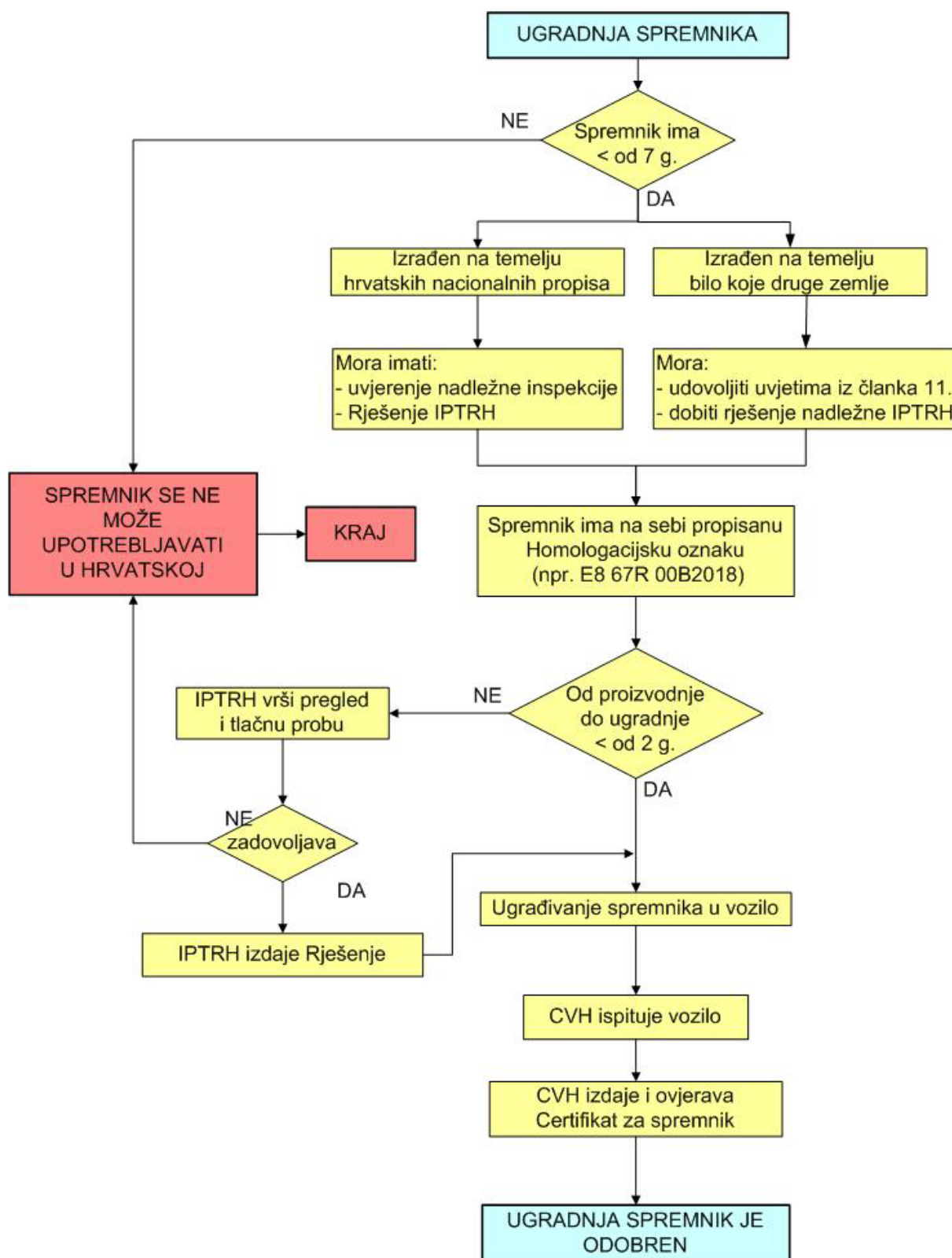
Ako su na spremniku utisnute oznake ispitivanja i odobrenja po nacionalnim propisima i prema pravilniku ECE-R 67 za UNP (dvojne oznake), u svrhu ishoda pozitivnog mišljenja od IPTRH postupit će se kao da je na spremniku samo homologacijska oznaka po ECE R-67 za UNP.

Spremnik stariji od 7 godina, bez obzira po kojim propisima je ispitan, ako ga do tada nije ispitala i pregledala IPTRH, ne može se upotrebljavati u RH.

Ova Uputa je napravljena na osnovi suglasnosti IPTRH i Ministarstva pomorstva, prometa i veza i primjenjuje se od 31. prosinca 2001. godine.



Slika 4.1. Blok shema upute za uvoz motornog vozila koji ima pogon na plin



Slika 4.2. Postupak odobravanja spremnika pri ugradnji u vozilo

4.3. Europska ekološka direktiva i njena primjena u Hrvatskoj

Usklađivanjem svojih zakona i propisa s direktivama EU Hrvatska će doprinijeti smanjenju emisija štetnih plinova od strane prometnog sektora. Taj doprinos smanjenju zagađenja može biti vidljiv u implementaciji udjela alternativnih goriva u prometnom sektoru odnosno u proizvodnji i plasiranju goriva veće kvalitete na tržište.

Tablica 4.1. Ciljevi EU glede implementacije udjela alternativnih goriva u prometnom sektoru [15]

Godina	Biogoriva	UNDP+SAP	Vodnik	Ukupno
2005.	2 %	-	-	2 %
2010.	6 %	2 %	-	8 %
2015.	7 %	5 %	2 %	14 %
2020.	8 %	10 %	5 %	23 %

Regulativa Europske Unije određuje zahtjeve i obvezu za ograničavanje emisije štetnih tvari te posebno regulira kvalitetu goriva i konstrukciju automobila. Od 1996. godine uvode se stroža ograničenja (norma Euro II) i pojedinačno se navode maksimalne dopuštene vrijednosti emisije štetnih plinova za vozila koji za svoj pogon koriste benzin i dizeldko gorivo. Najnovija, norma Euro V počela se primjenjivati od 1. kolovoza 2008. i daljnjim smanjenjem emisija nastoji se kompenzirati rast broja motornih vozila. Stalno se broj vozila u svijetu povećava, pa da se proporcionalno ne bi povećavala i količina štetnih ispušnih plinova uvode se sve strožije norme za ispušne plinove.

Cestovni promet sudjeluje u cjelokupnim svjetskim emisijama stakleničkih plinova sa 12 %. Putnički automobili stvaraju približno 5,5 % od ukupnih emisija.

Europska Unija je nedavno donijela Odluku sa kojom je ograničena prosječna emisija CO₂ za automobile europskih proizvođača na 120 g/km do 2012. godine.

4.4. Članci koji su bili spomenuti u tekstu

Članak 11.

Spremnik plina izrađen u inozemstvu mora udovoljavati ovim uvjetima:

1. da za spremnik postoji dokumentacija o potvrđivanju s pripadajućim izvješćem o ispitivanju i tehničkim opisom (u daljem tekstu: »potvrдна dokumentacija») ovjerena od nadležne službe zemlje proizvođača,
2. da su na spremniku utisnuti propisani podaci i žig nadležne službe zemlje proizvođača,
3. da je po potrebi učinjena provjera konstrukcije, proizvodnje i proračun čvrstoće prema vrijedećim propisima; nadležna inspekcija za tlačne posude potvrdit će valjanost potvrđne dokumentacije iz točke 1. ovoga stavka,
4. da nadležna inspekcija za tlačne posude potvrdi da je obavljeno uspješno ispitivanje spremnika pokusnim tlakom hladnom vodom; o ispitivanju se izdaje nalaz, a na posudu se utiskuje žig te godina i mjesec ispitivanja.

Članak 14.

(1) Sigurnosni uređaji na armaturi spremnika plina moraju spriječiti stvaranje prekomjernog tlaka u spremniku kao i prekomjerno istjecanje plina iz spremnika pri otvorenom ventilu spremnika. Ti uređaji su:

1. za UNP:

- ograničivač protoka,
- uređaj za osiguranje protiv previsokog tlaka;

2. za metan:

- ograničivač protoka,
- uređaj za osiguranje protiv previsokog tlaka,
- uređaj protiv prekoračenja temperature u slučaju požara.

5. Uređaji i oprema za pogon vozila plinom

Uređajima i opremom za pogon motornih vozila plinom smatraju se:

1. spremnik plina
2. armatura spremnika plina
3. pročišćivač plina
4. isparivač plina (za UNP)
5. regulator tlaka
6. plinski ventil
7. priključak za pražnjenje (samo za SPP)
8. ventil tekućega goriva (benzina ili dizelskoga goriva)
9. vodovi za plin visokoga tlaka
10. vodovi za plin niskoga tlaka
11. vodovi za sredstva za grijanje
12. električni uređaji i instalacije

Svi materijali moraju zadovoljavati sljedeće: moraju biti otporni na djelovanje plina, ne smiju mijenjati kemijska svojstva plina i koji u dodiru s plinom nisu zapaljivi. [14]

Spremnik

Spremnik za plin je osnovni dio plinskog sustava u vozilu. Kao posuda pod tlakom mora imati dopuštenje Državnog inspektorata-inspekcija posuda pod tlakom 8 bara prema članku 287. Zakona o sigurnosti prometa na cestama, pročišćeni tekst, NN 59/96). Na njemu se mora nalaziti oznaka na kojoj stoji:

- naziv proizvođača, tvornički broj i godina proizvodnje,
- volumen praznog spremnika u l (litrama),
- datum posljednjeg pregleda i ispitivanja te pečat ustanove koja je to provela,
- najveća dopuštena masa pri punjenju u kg (za UNP),
- najveći dopušteni tlak punjenja u MPa ili bar (za SPP).

Na hrvatskom tržištu trenutno su dostupni različiti tipovi spremnika:

FABER cilindar - čelični obložen fibre-glassom.

Kapacitet:	140 litre
Ukupni kapacitet:	$140 \times 8 = 1120$ litre
Duljina:	1690 mm
Promjer:	365 mm
Mase:	95 kg
Toplinski osigurač:	1



Slika 5.1. FABER cilindar

FABER cilindar - čelični obložen ugljikovim vlaknima

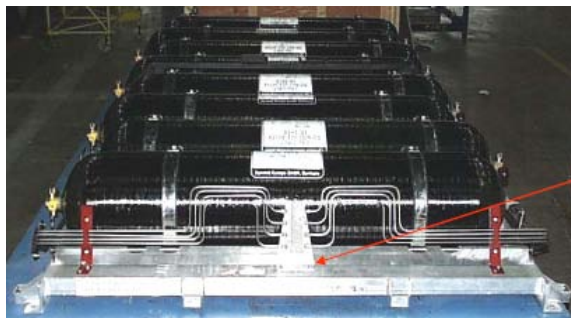
Kapacitet:	162 litre
Ukupni kapacitet:	$162 \times 8 = 1296$ litre
Duljina:	1690 mm
Promjer:	387 mm
Mase:	71.5 kg
Toplinski osigurač:	2



Slika 5.2. FABER cilindar

DYNETEC cilindar - aluminijski obložen ugljikovim vlaknima

Kapacitet:	155 litre
Ukupni kapacitet:	$155 \times 8 = 1240$ litre
Duljina:	1690 mm
Promjer:	370 mm
Mase:	54 kg
Toplinski osigurač:	2



Slika 5.3. DYNETEC cilindar

Dijelovi spremnika:

Glavni ventil - postavlja se izravno na spremnik i služi za njegovo zatvaranje kad treba spriječiti neželjeno istjecanje plina.

Sigurnosni uređaji - njihova uloga je da trebaju spriječiti stvaranje prekomjernog tlaka u spremniku te prekomjerno istjecanje plina iz spremnika kad je ventil otvoren

U sigurnosne uređaje se ubrajaju:

1. za UNP

- uređaj za ograničavanje protoka
- uređaj za osiguranje od prevelikog tlaka

2. za SPP

- uređaj za ograničavanje protoka
- uređaj za osiguranje od previsokog tlaka
- uređaj za osiguranje od prekoračenja temperature u slučaju požara

Danas se svi navedeni sigurnosni uređaji mogu izvest kao jedna cjelina.

Uređaj za ograničavanje protoka služi za smanjivanje protoka plina u slučaju pucanja instalacije, pritom se količina plina koji istječe mora smanjiti na najviše 10% od mogućeg protoka

Uređaj za osiguranje od previsokog tlaka služi za sprječavanje porasta tlaka preko 30 bar za UNP tj., preko 300 bar za SPP. Napomena: za uređaje koji su ugrađeni nakon 1. siječnja 2001. godine vrijedi 30 bar, a za ranije ugrađene uređaje 25 bar.

Uređaj za osiguranje od prekoračenja temperature u slučaju požara mora ispustiti plin iz spremnika ako temperatura dosegne $100 \pm 5^\circ\text{C}$ (za spremnike u cijelosti izvedene od čelika: $125 \pm 5^\circ\text{C}$). Uređaj treba biti izveden tako da za vrijeme djelovanja ne dopušta povećanje tlaka u spremniku za više od 10 % njegovog nazivnog tlaka.

Zaštitno kućište treba spriječiti svako moguće propuštanje plina.

Priključak za punjenje spremnik se spaja na vanjski sustav opskrbe plinom (punionica). Uz njega se postavlja protupovratni ventil koji za vrijeme punjenja treba spriječiti protjecanje plina natrag u priključak.

Zaporni ventil koji se nalazi između priključka za punjenje i spremnika treba se izvest tako da onemogućava dotok plina do isparivača.

Pročistač plina služi za odvajanje nečistoća pri prolasku plina iz spremnika prema ostalim dijelovima sustava.

Isparivač služi za isparavanje UNP-a, odnosno prelaz iz kapljevito u plinovito stanje pod utjecajem topline.



Slika 5.4. Montirani spremnici SPP-a na krovu gradskog autobusa

Regulator tlaka

Regulator tlaka služi za smanjivanje tlaka plina u spremniku na vrijednost potrebnu za stvaranje smjese sa zrakom. Kao regulatori se smiju koristiti samo uređaji s membranom. Regulator također treba spriječiti istjecanje plina kad motor ne radi.

Plinski ventil

Plinski ventil prekida dovod plina iz spremnika u isparivač i tlačni regulator kad motor ne radi, kada se plin ne koristi.

Priključak za pražnjenje

Svrha priključka je pražnjenje prirodnog plina iz instalacija koje se nalaze iza glavnog spremnika. Zabranjeno je ispuštanje u neposrednu okolinu.

Prekidač za izbor vrste goriva

U vozilu se nalazi i prekidač na upravljačkoj ploči koji služi za prebacivanje pogona s plina na neko drugo gorivo.

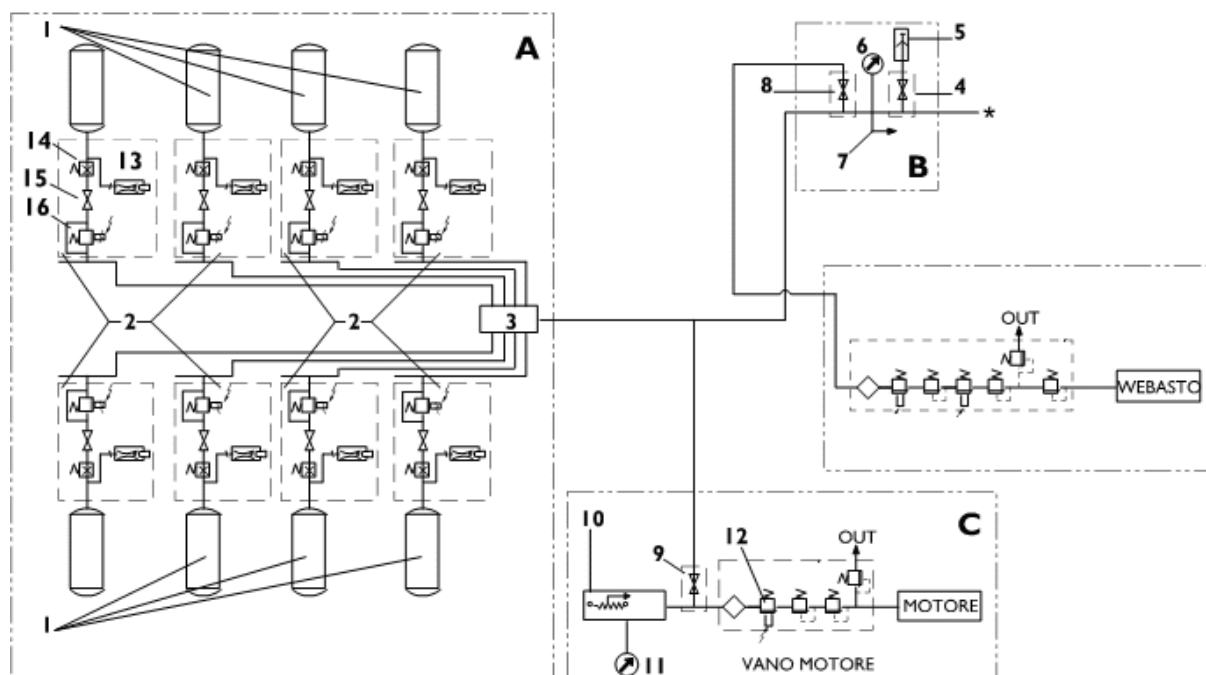
Vodovi

Svi dijelovi plinske instalacije u vozilu međusobno se povezuju visokotlačnim i niskotlačnim cijevima. Visokotlačne su od priključka za punjenje do spremnika te od spremnika do isparivača. Niskotlačni od tlačnog regulatora do motora. Visokotlačne cijevi su od bakra ili čelika, a niskotlačni od čelika ili mjedi.

Vodovi za sredstva za grijanje

Svrha vodova je da povezuju isparivač i regulator sa sustavom za hlađenje motora ili nekim drugim izvorom topline u vozilu. Sredstvo za grijanje (u pravilu rashladno sredstvo motora) služi za dovođenje topline potrebne za promjenu agregatnog stanja plina. U vozilu osim dva sustava napajanja gorivom postoje i dva mjesta za pripremu gorive smjese. Kod starijih Ottovih motora benzin ulazi u rasplinjač u kojem se raspršuje u struji zraka. Kod plina je jednostavno mješalište sa zrakom.

5.1. Sheme



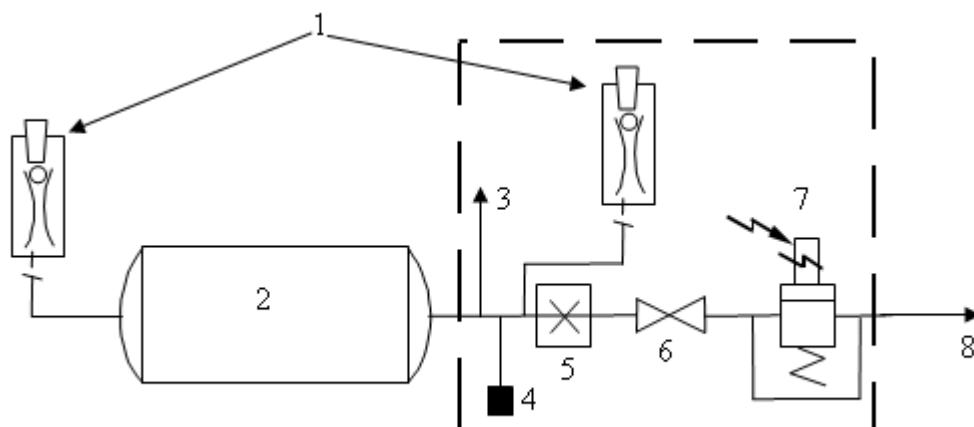
Instalacija na krovu vozila: 1. spremnik komprimiranog plina, 2. sigurnosni i prekidni ventil na spremniku, 3. razvodnik,

Priključak za punjenje: 4. prekidni ventil, 5. nastavak za punjenje, 6. manometar, 7. odpusni ventil, 8. ventil za prekid grijanja * opcija za punjenje s lijeve strane

Odjeljak motora: 9. ventil, 10. pretvarač tlaka, 11. prikaz količine goriva, 12. elektro ventil za prekid plina na ventilu za reduciranje tlaka

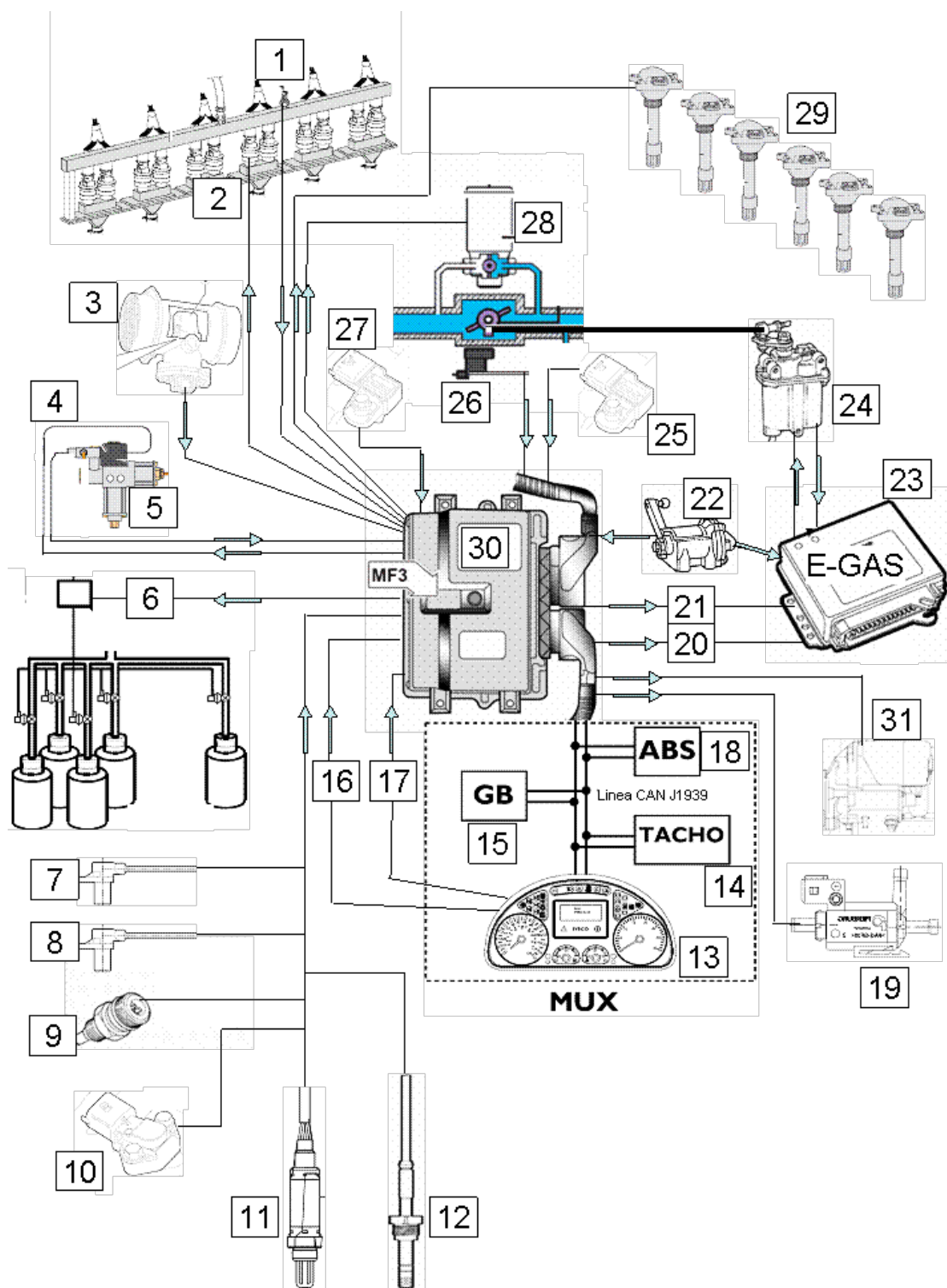
Jedinica elektro ventila: 13. blok osigurača, 14. limitator protoka, 15. ventil, 16. zavojnica.

Slika 5.5. Shematski prikaz instalacije sustava dobave plina (primjer 8x140 litarskog Faber cilindara i VBE ventila) [16]



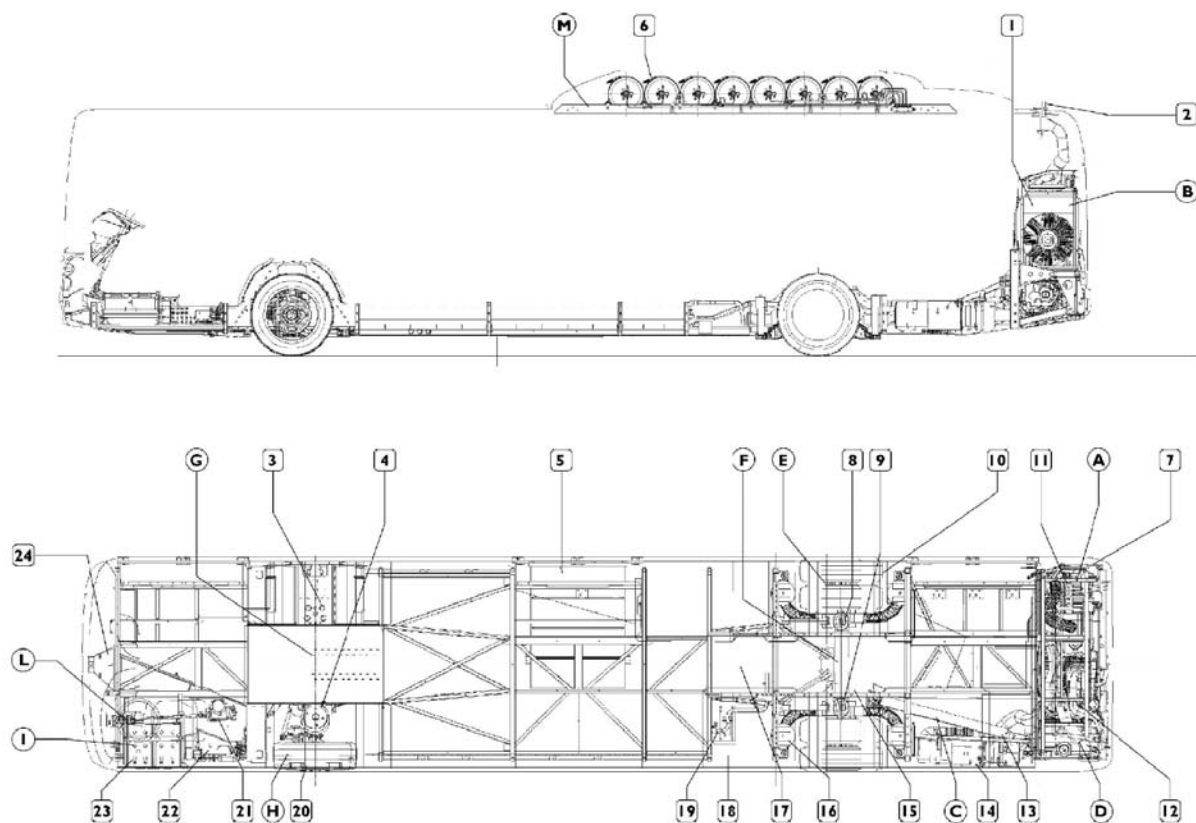
- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. visoko tlačni osigurač, | 5. ograničivač protoka, |
| 2. spremnici, | 6. ventil, |
| 3. ventil za reguliranje tlaka 290 bara, | 7. električki upravljan ventil, |
| 4. senzor tlaka za > 250 bara, | 8. izlaz u sustav. |

Slika 5.6. Shematski prikaz cilindara na novim sistemima (162 litreni Faber ili 155 litreni Dynetec cilindri i MARK ventili)



1. Senzor tlaka i temperature plina 2. uređaj za elektroničko ubrizgavanje 3. mjerilo protoka 4. senzor tlaka plina 5. tartarini (uređaj za direktno ubrizgavanje plina) 6. regulacijski ventil 7. senzor brzine vrtnje 8. vremenski senzor broja okretaja 9. senzor temperature vode 10. senzor temperature i tlaka ulja 11. lamda sonda 12. senzor katalitičkog pretvarača temperature 13. kontrolna ploča 14. tahograf 15. kutija mjenjača 16. signal za otvaranje vrata 17. signal praznog hoda 18. ABS 19. ispušni kanal 20. signal za zaustavljanje 21. signal broja okretaja 22. senzor papučiće ubrzanja 23. E-GAS VDO II kontrolna jedinica 24. VDO servo motor 25. senzor tlaka zraka i temperature 26. senzor pozicije prigušivača 27. senzor tlaka zraka 28. koračni elektromotor 29. bobine 30. MF3 kontrolna jedinica 31. elektropokretač

Slika 5.7. Blok dijagram METAFUEL 3 sistema (MF3)



1. Izmjenjivač topline
2. Okomiti ispuh
3. Prednji ulaz zraka
4. Zračna opruga
5. Pristupna rampa za invalide
6. Spremnici plina
7. Ventil za punjenje plina
8. Desni kočni cilindar
9. Lijevi kočni cilindar
10. Stražnja guma
11. Motor
12. Mjenjač
13. Kardansko vratilo
14. Prigušivač ispušnih plinova
15. Stražnja osovina
16. Zračna opruga
17. Kočnice

18. Amortizer
19. Dodatni grijač
20. Prednji kotač
21. Mjenjač
22. Prednja kočnica
23. Akumulator
24. kuka

Mase glavnih sklopova:

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| A. Motor 1200 kg | G. Prednja osovima 485 kg |
| B. Rashladni sustav 160 kg | H. Prednji kotači 185 kg |
| C. Poklopac ventilatora 60 kg | I. Akumulatori 180 kg |
| D. Ispušni sustav 70 kg | L. Upravljački sustav 95 kg |
| E. Stražnji kotači 365 kg | M. Prazni spremnici 620 kg |
| F. Stražnja osovina 800 kg | |

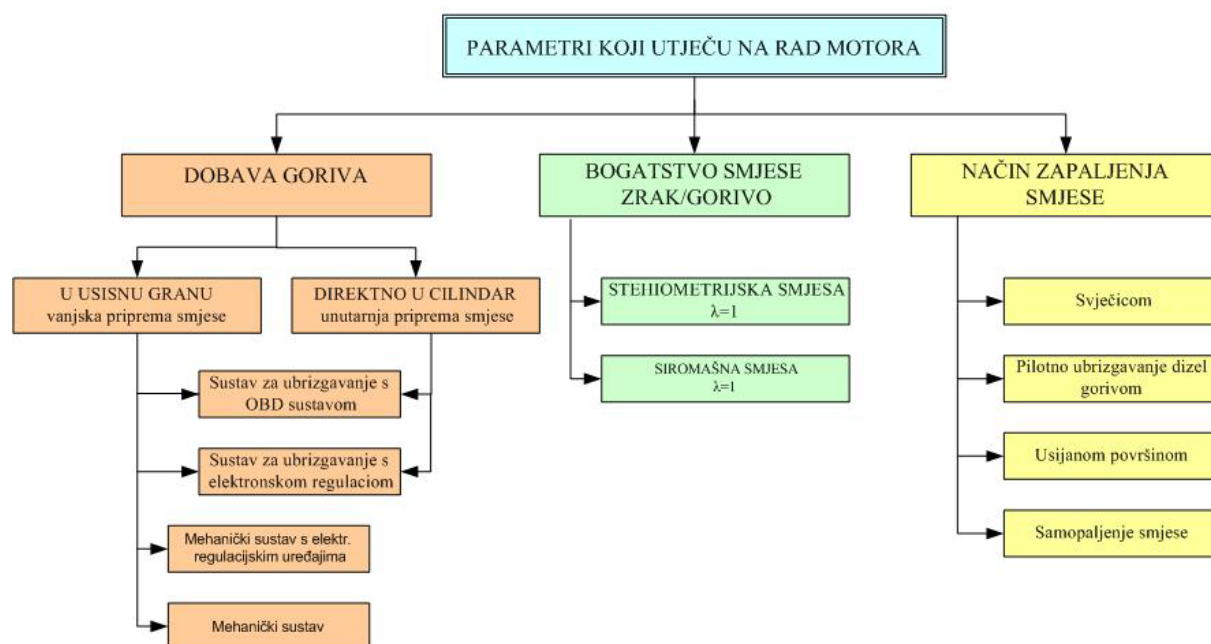
Slika 5.8. Prikaz glavnih sklopova vozila CITELIS CNG [16]

5.2. Motori na prirodni plin (SPP)

Motori na prirodni plin koji se danas koriste za pogon cestovnih vozila predstavljaju u osnovi konvencionalne motore s unutarnjim izgaranjem koji su prilagođeni korištenju prirodnog plina, bilo da se radi o novim motorima koje isporučuju proizvođači, bilo da se radi o naknadnoj prilagodbi motora. Kako su fizičko-kemijske osobine prirodnog plina mnogo bliže osobinama benzina nego dizelska goriva, motori na prirodni plin rade po Otto ciklusu, odnosno to su motori s prinudnim paljenjem smjese. Na energetske efikasnost motora, kao i na emisiju ispušnih plinova najveći utjecaj ima proces izgaranja smjese. Ključni utjecaj na proces izgaranja imaju način stvaranja smjese zrak/gorivo, bogatstvo smjese, te način paljenja smjese, a ovi parametri se reguliraju sustavom za dobavu goriva, odnosno sustavom za paljenje.

U ovisnosti o načinu i mjestu dobave goriva, načinu stvaranja smjese, bogatstvu smjese i načinu zapaljenja smjese postoje različite izvedbe motora na prirodni plin, koji se mogu podijeliti u četiri kategorije:

1. motori s prinudnim paljenjem smjese zrak/prirodni plin putem svjećeice,
2. motori s prinudnim paljenjem smjese zrak/prirodni plin pilotnim ubrizgavanjem male količine dizelskog goriva,
3. motori s direktnim ubrizgavanjem prirodnog plina pod visokim tlakom u cilindar motora i prinudnim paljenjem smjese,
4. motori sa samozapaljenjem prethodno pripremljene smjese zrak/prirodni plin.



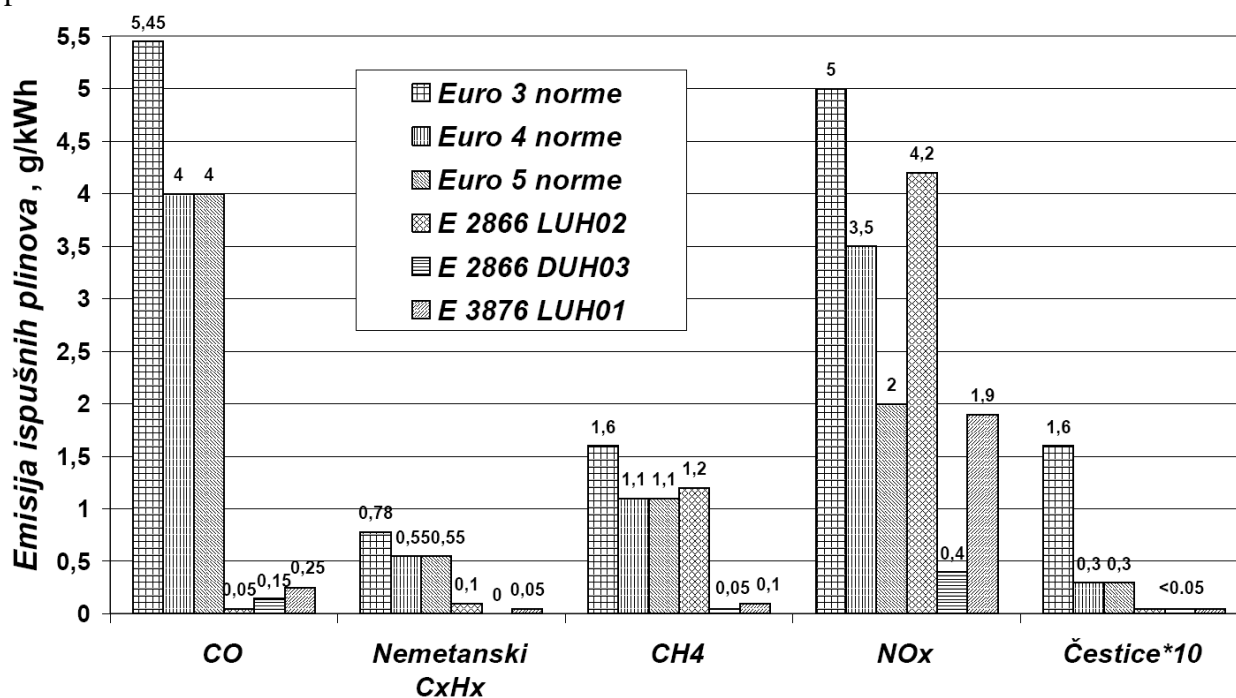
Slika 5.9. Parametri koji utječu na rad motora na prirodni plin [17]

Svi tipovi motora na prirodni plin mogu se izvesti tako da koriste isključivo prirodni plin kao pogonsko gorivo, tzv. monovalentni plinski motori. Motori s paljenjem smjese pomoću svjećeice ili pilotnim ubrizgavanjem dizelskog goriva mogu se izvesti tako da za pogon koriste ili prirodni plin ili konvencionalno gorivo (benzin, odnosno dizelsko gorivo), tzv. bivalentni motori, pri čemu korisnik na vrlo jednostavan način u tijeku vožnje odabire koje će gorivo koristiti. Ova dva tipa motora se već nalaze u komercijalnoj uporabi. Motori s ubrizgavanjem

prirodnog plina direktno u cilindar motora su eksperimentalno primijenjeni i ispitani na vozilima i tek se očekuje njihova komercijalna uporaba. Motori sa samozapaljenjem smjese su tek u ranoj fazi razvoja i postoje tek eksperimentalni jednocilindrični motori.

U područjima sa slabo razvijenom infrastrukturom za punjenje vozila prirodnim plinom očekuje se primjena bivalentnih motora za pogon osobnih vozila i komercijalnih vozila u prijevozu na duže relacije. Za pogon vozila u javnom urbanom prijevozu moguća je primjena i monovalentnih i bivalentnih motora. Treba napomenuti da su u većini slučajeva bivalentni motori optimizirani za rad s konvencionalnim gorivom, zbog čega u potpunosti nisu iskorištene mogućnosti koje pruža prirodni plin. Razvojem infrastrukture može se očekivati povećanje broja vozila koja koriste isključivo prirodni plin, jer su ona sa stajališta emisije ispušnih plinova povoljnija.

Na slici 5.10. je prikazana emisija ispušnih plinova motora sa pogonom na prirodni plin (CNG), s paljenjem pomoću svjećice, proizvođača MAN koji se koriste za pogon teretnih vozila i autobusa (E2866 LUH02, E2866 DUH03, E3876 LUH01, ove oznake predstavljaju razne tipove MAN-ovog motora.), usporedno sa Euro normama o emisiji ispušnih plinova.



Slika 5.10. Emisija ispušnih plinova CNG motora proizvođača MAN usporedno s Euro normama o emisiji ispušnih plinova

6. Primjeri autobusa s pogonom na plin

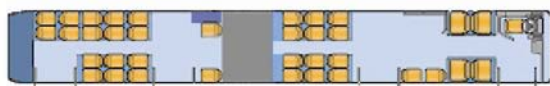
6.1. IVECO CITELIS 18 -CNG



39 to 51



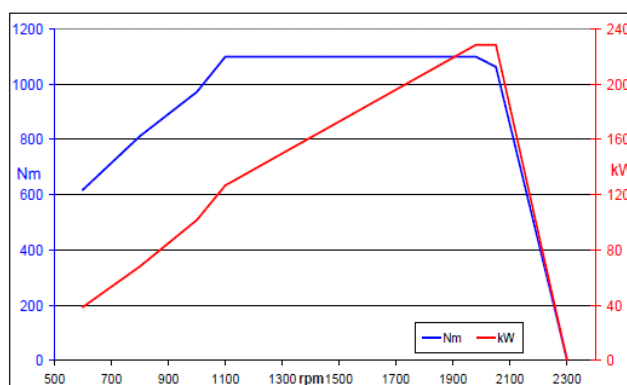
68 to 108*



34 to 46



85 to 103*



Slika 6.1. Izgled autobusa CITELIS 18 i dijagram snage i momenta [16]

Karakteristike:

Duljina: 17900 mm

Širina: 2500 mm

Visina bez usisnika zraka: 3276 mm

Međuosovinski razmak: 5355/6675 mm

Maksimalna nosivost: 30000 kg

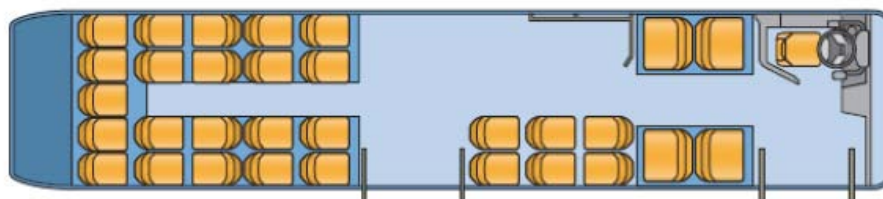
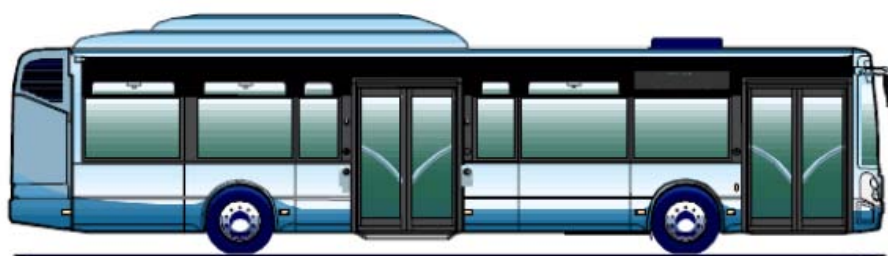
Snaga: 228 kW kod 2000 okr/min.

Okretni moment: 1100 Nm kod 1080 okr/min.

Radni volumen motora: 7.8 litara

Mjenjač: Automatski VOITH ili ZF (6HP 502)

6.2. IVECO CITELIS 12 -CNG



23 to 46



54 to 85

Slika 6.2. Izgled autobusa CITELIS 12 [16]

Karakteristike:

Duljina:	11990 mm
Širina:	2500 mm
Visina bez usisnika zraka:	3301 mm
Međuosovinski razmak:	6120 mm
Maksimalna nosivost:	19000 kg
Snaga:	200 kW kod 1850 okr/min.
Okretni moment:	1100 Nm kod 2500 okr/min.
Radni volumen motora:	7.8 litara
Mjenjač:	Automatski VOITH ili ZF (5HP 502 ili 6HP 502)

6.3. MAN NG 313 (A23)

MAN NG 313 je niskopodni zglobni autobus pogonjen stlačenim zemnim plinom.

Dimenzije:

Ukupna duljina:	17950 mm
Ukupna širina:	2500 mm
Ukupna visina:	3345 mm
Vanjski promjer kruga zaokreta:	23392 mm
Maksimalna nosivost osovina:	22130 kg
Najveća dopuštena masa vozila:	28000 kg
Broj sjedala:	52+1
Broj stajaćih mjesta:	103

Motor:

Vodom hlađeni, ležeći, četvorotakni Otto-motor sa turbo ubrizgavanjem.

Tip:	E 2876 LUH 01, EEV
Snaga:	228 kW kod 2000 okr/min.
Cilindri:	6 rednih položenih
Radni volumen motora:	12.816 litara
Okretni moment:	1250 Nm pri 1000 okr/min.
Kompresija:	12:1

Spremnik plina:

9 spremnika za plin po 185 litara (ukupno 1665 litara) na krovu autobusa. Punjenje na desnoj strani. Dodatni grijani filter goriva.



Slika 6.3. Autobus MAN NG 313

7. Testiranje autobusa MAN i MERCEDES na linijama ZET-a

Zagrebački holding je proveo testiranje dva autobusa MAN LYONS CITY CNG i MERCEDES CITARO O 530 CNG pogonjeni stlačenim zemnim plinom na linijama ZET-a.

Tablica 7.1. Osnovne prometno tehničke značajke autobusa

	MAN LYONS CITY	MERCEDES CITARO
Duljina	11967 mm	11950 mm
Širina	2500 mm	2550 mm
Visina	3370 mm	3389 mm
Broj vrata	3	3
Motor	Otto 187 kW Euro 4	Otto 240 kW Euro 4
Okretni moment	880 Nm kod 1000-1200 o/min.	1250 Nm kod 1000-1300 o/min
Kapacitet spremnika plina	4 x 320 = 1280 litara	8 x 190 = 1520 litara
Kapacitet spremnika plina	213,3 kg (kod 220 bara)	253,3 kg (kod 220 bara)
Pogonsko gorivo	Plin	Plin
Tlak napunjenog spremnika	220 bar	220 bar

Oba autobusa su bila na linijama na kojima će dnevno prevoziti oko 300 km. Pokazalo se je da MAN nema dovoljnu snagu motora za prometovanje po brdskim linijama pa je tijekom testiranja bio na ravničarskoj liniji 231 Borongaj-Noví Retkovec, a autobus Mercedes je testiran na tipično brdskoj liniji.

7.1. Prometno tehnička svojstva autobusa koja su uočili vozači koji su ih vozili

Autobus MAN slabo vuče na usponu, akceleracija po ravnom mu je zadovoljavajuća ali ipak nešto manja nego kod autobusa s Diesellovim motorima, nije bučan, nema vibracija i tih je u radu, upravljačka svojstva su mu odlična. Ugodan je za voziti. Unutrašnji retrovizori na neravnoj cesti jako vibriraju. Kod zatvaranja vrata putnici se moraju više odmaknuti od vrata nego kod ostalih autobusa. U jednom slučaju, zbog indikatora na vratašcima za punjenje plinom, motor autobusa nije htio pokrenuti, a drugi put nije reagirao na dodavanje gasa.

Autobus MERCEDES u odnosu na autobuse s Diesellovim motorima ima manje ubrzanje na usponima. Dobro vuče na konstantnom usponu, usprkos povišenom težištu ne zanosí se u krivinama, bučniji je, zbog 6 -stupanjskog mjenjača zbog kojeg autobus često „cuka“. Po jednom vozaču autobus bi trebao umjesto 6 stupanjskog imati 4 stupanjski mjenjač brzina dok drugi smatra da bi se problem mogao riješiti samo podešavanjem mjenjača. Na vozački i putnički prostor nema primjedbi, a putnici su ga odlično prihvatili. Kod zatvaranja vrata putnici se moraju više odmaknuti od vrata nego kod ostalih autobusa, u protivno ne zatvaraju se.

Ocjena prometno tehničkih svojstava autobusa

- Autobusi su ugodni za vožnju

- Rješenje putničkog prostora nije optimalno ali je zadovoljavajuće. U zadnjem dijelu putničkog prostora je zbog dispozicije sjedala u oba autobusa u uvjetima veće popunjenosti autobusa otežana izmjena putnika.
- Putnici su zadovoljni s autobusima
- Uočena je manja akceleracija autobusa u odnosu na autobuse s Diesellovim motorima na usponima ali i na ravničarskim dijelovima trasa.
- Relativno je mali radius kretanja oba autobusa s punim spremnikom plina. Tijekom rada na linijama ZET-a najveću kilometražu između dva uzastopna punjena plinom ostvario je autobus MERCEDES – 301 km, pri čemu je tlak plina pao s početnih 220 na 45 bara. Na temelju registriranih podataka tijekom testiranja, po kojim autobus «potroši» 1 bar tlaka za 1.59 kilometara prijeđenog puta, može se zaključiti da bi autobus mogao prijeći još 8 kilometara do pada tlaka u spremnicima na 40 bara koji se, na temelju izjave predstavnika MAN-a i MERCEDES-a, smatra minimalno dopuštenim tlakom u spremnicima.

Može se dakle zaključiti da je najveća moguća kilometraža testiranog autobusa MERCEDES s jednim punjenjem plinom u prometu do 310 km, što je znatno manje od najveće kilometraže koju je ZET-ovim članovima radne grupe izjavio predstavnik MERCEDESA 450 i više km! Situacija u pogonu Dubrava u kojem se namjerava formirati vozni park plinskih autobusa prikazana je u tablici:

Tablica 7.2. Postotak broja autobusa za određenu kilometražu

	DNEVNI BROJ AUTOBUSA U PROMETU	KUMULATIVNI DNEVNI BROJ AUTOBUSA U POGONU DUBRAVA S KILOMETRAŽOM		
		DO 300 km	od 300 - 400 km	PREKO 400 km
Radni dan	119	56 (47 %)	40 (34 %)	23(19%)
Subota	85	29 (34%)	37 (44 %)	19(22%)
Nedjelja	59	24 (41 %)	23 (39 %)	12(20%)

Na linijama ZET-a u pogonu Dubrava u prometu je radnim danom ukupno 119 autobusa, od kojih 63 ili 53 % prijeđe više od 300 km, subotom 85 od kojih 56 ili 66 % prijeđu više od 300 km i nedjeljom 59 od kojih 35 ili 59 % prijeđe više od 300 km.

Veći broj autobusa na plin u voznom parku pogona Dubrava u svezi s tim ograničio bi mogućnost njihovog disponiranja na linije na kojima bi zbog kvarova ili servisiranja trebalo disponirati zamjenske autobuse, a u svezi s tim povećao bi se i rizik od neplaniranog i štetnog smanjenja prijevozne ponude. S obzirom na veliki udio zglobnih autobusa u prijevoznoj ponudi pogona Dubrava trebalo bi, prije definiranja nabave autobusa s pogonom na plin, testirati prometno tehnička svojstva zglobnih autobusa, s posebnim osvrtom na njihov najveći mogući radius kretanja.

Dugo traje proces punjenja plinom na pumpi na Radničkoj cesti. Za punjenje 181 kg plina, pri čemu je tlak plina u spremnicima porastao s 45 na 220 bara, trebalo je 55 minuta. U normalnoj eksploataciji trebalo bi ostvariti punjenje s minimalnim gubitkom vremena vozača. Zbog ograničenog prostora pumpe u Plinari otežan je pristup klasičnim autobusima a zglobnim autobusima uopće nije ni moguć pristup.

7.2. Mišljenje putnika zeta

Tijekom vožnje na redovitim linijama izvršena je anketa putnika u autobusima koju su organizirali i proveli zaposlenici Gradske plinare Zagreb d.o.o. Anketni upitnik ispunilo je oko 1000 putnika. 87 % putnika podržava odluku ZG Holdinga o nabavci autobusa na plin a čak 96 % drži da bi prirodni plin trebalo primijeniti i u ostalim gradskim vozilima.

7.3. Tehnički izvještaj

MOTOR

Mercedes Benz autobus ima snagu motora od 240 kW (326 KS) koja zadovoljava zahtjeve korištenja u ZET-u. Motor zadovoljava normu ispušnih plinova EURO 4. Kod toga možemo napomenuti da se već proizvode autobusi s pogonom na stlačeni zemni plin koji zadovoljavaju normu ispušnih plinova Euro 5, a rade se već i autobusi koji zadovoljavaju EEV (engl. *Enhanced Environmentally friendly Vehicle*, hrvatski: poboljšana ekološki pogodna vozila) normu koja je još stroža u pogledu ispušnih plinova. MAN autobus ima motor snage 180 kW (245 KS) što se prilikom probnog testiranja pokazalo nedostatnim za brdske linije. Motor MAN ima EEV certifikat je sa stanovišta ekološkog vrednovanja na znatno višoj razini od MERCEDESA.

Oba proizvođača ugradili su uređaj za predgrijavanje rashladne tekućine WEBASTO NGW koji također kao pogonsko gorivo koristi stlačeni zemni plin.

SPREMNICI PLINA

Spremnici plina ugrađeni su na krovu oba autobusa.

Mercedes Benz ima 8 spremnika za plin od 190 litara, s ukupnim kapacitetom od 1520 litara. Spremnici su izrađeni od umjetnog materijala, obloženi su ugljičnim vlaknima, provjereni na 500 bara, a proizvođač im je Mannesman. Tlak na koji se pune spremnici u eksploataciji je 220 bara, a autobusi ne bi smjeli voziti s tlakom plina manjim od 40 bara. U dnevnoj eksploataciji u ZET- u autobus je bez punjenja spremnika zemnim plinom najviše prešao oko 300 kilometara. MAN ima 4 spremnika za plin od 320 litara, s ukupnim kapacitetom od 1280 litara. Spremnike je od kompozitnog materijala na osnovi Al izradio Dynatec.

POTROŠNJA GORIVA

Tijekom boravka u ZET-u autobus MAN prešao je ukupno 2148 km. Za vrijeme mjerenja potrošnje goriva autobus je prešao 2090km i potrošio 1096.8 kg ili prosječno 52,48 kg/100km. Tijekom istog razdoblja autobus Mercedes Benz prešao je ukupno 2927 km. Za vrijeme mjerenja potrošnje goriva prešao je 2807.0 km i potrošio 1832.9 kg plina ili prosječno 65,30 kg/100km.

Navedeni podaci ne mogu se izravno uspoređivati. Mercedes naime, ima 53 kW jači motor i za vrijeme eksploatacije u ZET-u prometovao je isključivo na brdskim, a MAN na ravničarskim linijama.

U voznom parku ZET-a nalaze se autobusi s Dieslovim motorima sličnih prometno tehničkih značajki i snaga motora: MAN s motorom snage 228 kW i prosječnom potrošnjom od oko 48 l/100km i MERCEDES s motorom snage 185 kW i prosječnom potrošnjom od oko 46 l/100km.

Prijenosni odnos zadnje osovine i program automatskog mjenjača podešeni su za gradski prijevoz. Za korištenje autobusa na brdskim linijama potrebno je svakako izvršiti promjenu programa automatskog mjenjača.

SIGURNOST AUTOBUSA NA STLAČENI ZEMNI PLIN

Često se postavlja pitanje rizika od opasnosti vezanih sigurnosti autobusa s pogonom na stlačeni zemni plin. Kao dovoljan argument može poslužiti podatak da je proizvodnja autobusa s navedenim pogonom počela još 1943. godine te da po dostupnim podacima širom svijeta, prometuje više od 2500 autobusa s pogonom na stlačeni zemni plin samo jednog proizvođača -MAN-a.

7.4. Uvjeti koje autobusi moraju zadovoljiti

Autobusi u voznom parku ZET-a ne mogu se uključiti u redovan promet na linijama prije nego što se ispune sljedeći uvjeti:

- uređenje hale za održavanje vozila s pogonom na stlačeni zemni plin,
- izgradnja postaje za punjenje zemnim plinom,
- školovanje radnika koji će raditi na održavanju autobusa,
- ishođenje svih potrebnih dozvola za održavanje vozila s pogonom na stlačeni zemni plin.

ZAKLJUČAK

Na svjetskom tržištu dostupno je više vrsta plinskih goriva. Poznatim i već poprilično usavršenim rafinerijskim procesima dobiva se ukapljeni naftni plin. Zbog tehničkih i tehnoloških te tržišnih razloga, upotrebljava se nešto više od glavnog konkurenta, stlačenog prirodnog plina za pogon automobila, dok je SPP pogodniji kod autobusa za javni gradski prijevoz. Razlog tomu je što u Republici Hrvatskoj trenutno ne postoji punionica za SPP osim u gradskoj Plinari u Zagrebu. Pohranjivanjem u spremnike pod visokim tlakovima SPP nalazi svoju sve veću primjenu u osobnim, a većinom u lakšim i težim teretnim vozilima i autobusima.

Gledajući sva plinska goriva, neosporne su im ekološke prednosti pred benzinskim i dizelskim gorivima, prvenstveno zahvaljujući manjim emisijama CO_2 , CO i NO_x ispušnih plinova. Nedostatak UNP-a je taj što on i nije alternativno gorivo jer je on samo jedan od nusprodukata prerade sirove nafte, stoga se kao alternativno i donekle ekološko prihvatljivo gorivo češće koristi SPP.

Pojedine države na svjetskoj sceni ulažu dodatne napore kako bi pokazale svoju ekološku osviještenost i time dali doprinos smanjenju količine stakleničkih plinova. Državni poticaji i razne olakšice budućim korisnicima vozila pogonjenih plinom (fizičkim osobama, u javnom prometu, za potrebe pojedinih kompanija) čine taj izbor puno jednostavnijim. Uz to, dodatna ulaganja se vrše kako bi sama goriva bila dostupna te kako bi postojala adekvatna pripadajuća tehnička i tehnološka logistika. Zbog želje za regionalnim i globalnim povezivanjem, prateća opskrba infrastruktura se gradi duž glavnih prometnih pravaca.

U Republici Hrvatskoj, kako bi se zadržala konkurentnost plinskih goriva, cijene su niže, i to je zapravo važan poticaj budućim vlasnicima vozila. To je jasno vidljivo u konstantnom povećanju broja vozila pogonjenih plinom. Iz jednostavne računice proizlazi i isplativost ugradnje instalacije za korištenje auto-plina, prvenstveno kod vozila koja prelaze veći broj kilometara. Nedostatak zakonske osnove koja bi trebala imati stimulativni efekt, postojanje dodatnih troškova, nedovoljna promocija još uvijek neraširene i neadekvatne servisne podrške i nedostatak punionica su glavni razlozi oklijevanja pojedinaca da masovnije prijeđu na plinska goriva.

U nekim gradovima (Zagreb, po uzoru na druge svjetske metropole) se ulažu naponi kako bi se dio vozila u javnome prometu prenamijenio na pogon s plinskim gorivom, no te više-manje uspješne pokušaje prate problemi, poput na primjer radijusa kretanja uvjetovanog nedostatkom opskrbnih mjesta i dr. Energetski potencijal plinskih goriva je izrazito velik. S napretkom tehnologije, a u skladu sa propisanim ekološkim ograničenjima, mogućnosti primjene u vozilima se iz dana u dan povećavaju, neki su to prepoznali, a neki u svojim odlukama zaostaju za vodećima na tome području.

LITERATURA:

- [1] <http://www.energetika-net.hr>
- [2] http://www.delfis.net/boyski/o_autoplinu.html
- [3] <http://www.unp-udruga.hr/magazine/02/iskustva.htm>
- [4] MATIĆ, D., Report on Study Group 5.3 - „Natural Gas for Vehicles (NGV); Global Opportunities for Natural Gas as a Transportation Fuel for Today and Tomorrow; FINAL REPORT, IGU - International Gas Union; WORKING COMMITTEE - UTILISATION; STUDY GROUP 5.3 - NATURAL GAS VEHICLES (NGV), 2005.,
- [5] Dojčinović, Z., Dinamika razvoja auto-plina u Republici Hrvatskoj, 22. MEĐUNARODNI ZNANSTVENO STRUČNI SUSRET STRUČNJAKA ZA PLIN, Prezentacija održana u Opatiji, 2.-4. svibnja 2007.
- [6] Davor Ljubas, Podloge za predavanja iz kolegija: GORIVO I MAZIVO, FSB, 2006., Zagreb 3.2. Plinovita goriva
- [7] <http://energetika-net.hr/skola/plin/unp>
- [8] <http://energetika-net.hr/skola/plin/unp/auto-plin>
- [9] http://www.prometna-zona.com/cestovni-tehnologija-006prirodni_plin.html
- [10] http://www.plinara-zagreb.hr/vise_o_plinu.aspx
- [11] Ilijevski, Ž., Svjetska praksa u primjeni alternativnih goriva i pogona na autobusima u gradskom prometu (I. dio), EGE, 3/2006, str. 118-121
- [12] <http://www.plinara-zagreb.hr>
- [13] <http://www.cvh.hr/hrv/default.asp>
- [14] <http://www.prometna-zona.com>
- [15] Borislav Sekulić, Primjena plinskih griva u prometnom sektor, Diplomski rad, RGN - Studij naftnog rudarstava, Zagreb, 2007. str. 39-47
- [16] Servisni priručnik od CITELIS CNG, IVECO, 2006.
- [17] Ivan Filipović, Boran Pikula, Dževad Bibić, Mirsad Trobradović, Primjena alternativnih goriva u cilju smanjenja emisije zagađivača kod cestovnih uvozila, Griva i Maziva, Hrvatsko društvo za goriva i maziva - GNOMA, 2005. str. 249-253
- [18] <http://www.irisbus.com>